Universidad de Costa Rica

Facultad de Ciencias

Escuela de Biología

Programa de Licenciatura en Biología
Con énfasis en Recursos Acuáticos

Efecto de la hormona 17-α-metil testosterona en diferentes dosis, en el proceso de reversión de sexo de alevines de Tilapia Nilótica (*Oreochromis niloticus*).

[illegible]

Tesis presentada como requisito parcial para optar por el título de Licenciatura

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

12 de Diciembre del 2005

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE BIOLOGÍA

Programa de Licenciatura en Biología

Con énfasis en Recursos Acuáticos

Efecto de la hormona 17 - ∝ - metil testosterona en diferentes dosis, en el proceso de reversión de sexo de alevines de tilapia Nilótica (Oreochromis niloticus).

Ivanohé Muñoz Morera

Tesis presentada como requisito parcial para optar por el título de Licenciado

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

12 de Diciembre del 2005

Esta tesis fue aprobada por la comisión del Programa de Licenciatura de la Escuela de Biología de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado de Licenciado.

Miembros del Tribunal Examinador:

Dra. Virginia Solís Alvarado
Directora de la Escuela de Biología

Lic. Myrna I. López Sánchez
Directora de Tesis

Dra. Margarita Silva Benavides
Miembro del Tribunal

M.Sc. Gerardo Zamora Ovares
Miembro del Tribunal.

Dr. Álvaro Morales Ramírez
Miembro del Tribunal

Ivanohé Muñoz Morera
Postulante

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, 12 de Diciembre del 2005

DEDICATORIA

A mi padre Antonio

A mi esposa Xinia María

A mis hijos Ivania María y Jorge Luis

Por todo su apoyo y comprensión.

Agradecimiento

A la señora directora de la Escuela de Biología Dra. Virginia Solís Alvarado por su colaboración y aporte al presente trabajo.

A mi directora de tesis Lic. Myrna I. López Sánchez, por su paciencia, colaboración y ayuda oportuna para la culminación de este trabajo.

A los asesores Dra. Margarita Silva Benavides. M.Sc. Gerardo Zamora Ovares. Dr. Álvaro Morales Ramírez por todo su tiempo y colaboración.

Al Lic. Álvaro Otárola Fallas, Jefe del Departamento de Acuicultura del INCOPESCA. por permitir la realización de la investigación en la Estación Acuícola Los Diamantes.

A los compañeros M.Sc. Gerardo Zamora, Lic. German Arce por su colaboración en la realización de esta investigación.

Al personal de campo de la Estación Acuícola Los Diamantes a quienes agradezco su ayuda durante todo el tiempo que duró la investigación.

A todas aquellas persona que de una u otra manera pusieron su grano de arena para la culminación de esta tesis.

TABLA DE CONTENIDOS

I. INTRODUCCIÓN 1

II. ANTECEDENTES 4
2.1 ¿Qué es la acuicultura? 4
2.2 Situación mundial 4
2.3 Tendencias de la Acuicultura en América Latina y Costa Rica 6
2.4 Cultivo de Tilapia en Costa Rica 8
2.5 Tilapia distribución y taxonomía 14
2.6 Biología de la especie 16
2.6.1 Morfología externa 16
2.6.2 Anatomía interna 17
2.6.3 Hábitos reproductivos 17
2.6.4 Hábitos alimenticios 18
2.6.5 Sistemas de obtención de poblaciones macho de tilapia 18
2.6.5.1 Sexado manual 19
2.6.5.2 Hibridación interespecífica 19
2.6.5.3 Reversión sexual 20
2.6.5.4 Efecto de la hormona 17 - α - metil testosterona en la reversión de sexo 22

III. OBJETIVOS 24
3.1 OBJETIVO GENERAL 24
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 24

IV. MATERIALES Y MÉTODOS 25
4.1 Área de estudio 26
4.2 Estanques utilizados en la investigación 27
4.3 Preparación de los estanques 29
4.4 Diseño experimental 29
4.5 Selección de reproductores 31
4.6 Preparación de Reproductores 31
4.7 Siembra de los Reproductores 32
4.8 Recolección de Alevines 33
4.9 Preparación del concentrado 34
4.10 Reversión de sexo en alevines 34
4.11 Alimentación de alevines 35
4.12 Desarrollo de alevines reversados (etapa de precría) 35
4.13 Prueba de progenie 36
4.14 Parámetros físicos – químicos 38
4.15 Parámetros Biológicos 38
4.15.1 Muestreos de alevines 38
4.15.2 Tasa específica de crecimiento 38
4.15.3 Factor de conversión alimenticia 39
4.15.4 Tasa de crecimiento real 39
4.15.5 Biomasa estimada 39

4.15.6 Sobrevivencia durante el período de investigación 40
4.16 Análisis Estadístico 40
4.17 Análisis de Costos de producción 40

V. RESULTADOS 41
5.1 Factores físico-químicos 41
5.1.1 pH 41
5.1.2 Temperatura 44
5.1.3 Oxígeno 47
5.2 Crecimiento de peces 50
5.3 Sobrevivencia 52
5.4 Análisis de la reversión de sexo 59
5.5 Análisis de costos de producción 62
5.6 Financiamiento 65

VI. DISCUSIÓN 66
6.1 Factores físicos y químicos 66
6.1.1 pH del agua 66
6.1.2 Temperatura del agua 66
6.1.3 Oxígeno disuelto en el agua 67
6.2 Crecimiento de peces 68
6.3 Sobrevivencia de peces 69
6.4 Etapa de Reversión de Sexo 70
6.5 Análisis de Costos de Producción 73
6.6 Justificación 74

VII. CONCLUSIONES 75

VIII. RECOMENDACIONES 77

IX. BIBLIOGRAFÍA 79

X. APÉNDICE 93

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1

PRODUCCIÓN ACUÍCOLA EN TM. EN COSTA RICA 2000, 2001, 2002, 2003 SEGÚN ORGANISMOS 8

CUADRO 2

VALOR DE pH PROMEDIO EN EL AGUA, VALOR MÁXIMO, VALOR MÍNIMO DURANTE LA MAÑANA Y LA TARDE PARA CADA TRATAMIENTO, EN LA REVERSIÓN DE SEXO Y PRECRÍA DE ALEVINES DE TILAPIA NILÓTICA, EN PILETAS DE CEMENTO, EN LA ESTACIÓN ACUÍCOLA LOS DIAMANTES, LA RITA DE GUÁPILES DE JULIO A DICIEMBRE DEL 2003 42

CUADRO 3

VALORES DE TEMPERATURA PROMEDIO EN EL AGUA, MÁXIMO, Y MÍNIMO, PARA CADA TRATAMIENTO DURANTE LA INVESTIGACIÓN SOBRE REVERSIÓN DE SEXO Y PRECRÍA DE ALEVINES DE TILAPIA NILÓTICA, EN LA ESTACIÓN ACUÍCOLA LOS DIAMANTES, LA RITA DE GUÁPILES, DE JULIO - DICIEMBRE 2003. 45

CUADRO 4

VALORES PROMEDIO, MÁXIMO Y MÍNIMO DE OXÍGENO DISUELTO EN EL AGUA (MG/L), PARA CADA TRATAMIENTO EN LA REVERSIÓN DE SEXO Y PRECRÍA DE ALEVINES DE TILAPIA NILÓTICA *OREOCHROMIS NILOTICUS*, EN LA ESTACIÓN ACUÍCOLA LOS DIAMANTES EN LA RITA DE GUÁPILES, DE JULIO 2003 A DICIEMBRE DEL 2003 48

CUADRO 5

VALORES PROMEDIO DE PESO, TASA DE CRECIMIENTO REAL, TASA DE CRECIMIENTO ESPECÍFICO, FACTOR DE CONVERSIÓN, Y PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA TOTAL PARA CADA TRATAMIENTO Y PARA TODO EL PERÍODO DE CULTIVO, DURANTE LA INVESTIGACIÓN SOBRE REVERSIÓN DE SEXO Y PRECRÍA DE ALEVINES DE TILAPIA *OREOCHROMIS NILOTICUS* EN PILETAS DE CEMENTO, REALIZADA EN LA ESTACIÓN ACUÍCOLA LOS DIAMANTES, EN LA RITA DE GUÁPILES DE JULIO A DICIEMBRE DEL 2003. 51

CUADRO 6

RESUMEN DE LOS PARÁMETROS BIOLÓGICOS POR TRATAMIENTO, DURANTE LA INVESTIGACIÓN SOBRE REVERSIÓN DE SEXO Y PRECRÍA CON ALEVINES DE TILAPIA NILÓTICA, EN ESTANQUES DE CEMENTO, REALIZADA EN LA ESTACIÓN ACUÍCOLA LOS DIAMANTES, EN EL CASERÍO EL PRADO DE LA RITA DE GUÁPILES DE POCOCÍ DE JULIO A DICIEMBRE DEL 2003 53

CUADRO 7

RESULTADOS FINALES DEL PROCESO DE REVERSIÓN DE SEXO Y PRECRÍA EN EL SEXADO MANUAL, DONDE SE MUESTRA EL NÚMERO Y PORCENTAJE DE MACHOS Y HEMBRAS PRODUCIDOS EN CADA UNA DE LAS PILETAS DE CADA TRATAMIENTO EN LA INVESTIGACIÓN, DE JULIO A DICIEMBRE DEL 2003. 60

CUADRO 8

CRITERIOS UTILIZADOS EN EL ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN DE ALEVINES MACHOS DE TILAPIA *OREOCHROMIS NILOTICUS* POR REVERSIÓN DE SEXO HASTA LA ETAPA DE PRECRÍA, EN LA ESTACIÓN ACUÍCOLA LOS DIAMANTES, EN EL CASERÍO EL PRADO DE LA RITA DE GUÁPILES (POCOCÍ) DE JULIO A DICIEMBRE DEL 2003 63

CUADRO 9

CRITERIOS UTILIZADOS EN EL ANÁLISIS COSTOS DE PRODUCCIÓN, DE ALEVINES MACHOS DE TILAPIA *OREOCHROMIS NILOTICUS* HASTA LA ETAPA DE REVERSIÓN DE SEXO, EN LA ESTACIÓN ACUÍCOLA LOS DIAMANTES, EN EL CASERÍO EL PRADO DE LA RITA DE GUÁPILES (POCOCÍ) DE JULIO A DICIEMBRE DEL 2003 64

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1

UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN ACUÍCOLA LOS DIAMANTES LA RITA DE GUÁPILES 26

FIGURA 2

ESTANQUES UTILIZADOS PARA REPRODUCCIÓN, ESTACIÓN ACUÍCOLA LOS DIAMANTES, LA RITA DE GUÁPILES..... 28

FIGURA 3

PILETAS UTILIZADAS EN EL PROCESO DE REVERSIÓN DE SEXO Y PRECRÍA DEL ESTACIÓN ACUÍCOLA LOS DIAMANTES, LA RITA DE GUAPILES. 30

FIGURA 4

PADROTES DE *O. NILOTICUS* DE LA ESTACIÓN ACUÍCOLA LOS DIAMANTES, LA RITA DE GUÁPILES. 32

FIGURA 5

CAPTURA DE ALEVINES PARA EL PROCESO DE REVERSIÓN DE SEXO, EN LA ESTACIÓN ACUÍCOLA LOS DIAMANTES EN LA RITA DE GUAPILES. 33

FIGURA 6

ANÁLISIS DE LA PAPILA UROGENITAL PARA IDENTIFICAR EL SEXO EN LA ESTACIÓN ACUÍCOLA LOS DIAMANTES LA RITA DE GUÁPILES..... 37

FIGURA 7

TILAPIA DE 4 MESES DE EDAD CON HUEVOS EN LA BOCA. ESTACIÓN ACUÍCOLA LOS DIAMANTES LA RITA DE GUÁPILES. 38

FIGURA 8

FIG. 8. VARIACIÓN DEL PH DEL AGUA DURANTE LA MAÑANA Y LA TARDE EN PROMEDIOS QUINCENALES PARA CADA TRATAMIENTO, DURANTE LA EVALUACIÓN DE REVERSIÓN DE SEXO Y PRECRÍA DE ALEVINES DE TILAPIA *OREOCHROMIS NILOTICUS* DE JULIO A DICIEMBRE DEL 2003.. 43

FIGURA 9

VARIACIÓN DE LOS VALORES DE TEMPERATURA DEL AGUA EN LA MAÑANA Y EN LA TARDE, EN PROMEDIOS QUINCENALES PARA CADA TRATAMIENTO, DURANTE LA REVERSIÓN DE SEXO Y PRECRÍA DE ALEVINES DE TILAPIA *OREOCHROMIS NILOTICUS* DE JULIO A DICIEMBRE DEL 2003 46

FIGURA 10

VARIACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO EN PROMEDIOS QUINCENALES, PARA CADA TRATAMIENTO, DURANTE LA EVALUACIÓN SOBRE REVERSIÓN DE SEXO Y PRECRÍA EN ALEVINES DE TILAPIA NILÓTICA DE JULIO A DICIEMBRE DEL 2003 49

FIGURA 11

VARIACIÓN DEL PESO PROMEDIO POR TRATAMIENTO EN PROMEDIOS QUINCENALES, DURANTE EL PERÍODO DE INVESTIGACIÓN, "REVERSIÓN DE SEXO Y PRECRÍA"EN ALEVINES DE TILAPIA NILÓTICA, DE JULIO A DICIEMBRE DEL 2003 54

FIGURA 12

VARIACIÓN DE LOS VALORES EN LA TASA DE CRECIMIENTO REAL POR DÍA EN PROMEDIOS QUINCENALES PARA CADA TRATAMIENTO, DURANTE LA INVESTIGACIÓN "REVERSIÓN DE SEXO Y PRECRÍA" EN ALEVINES DE TILAPIA NILÓTICA, DE JULIO A DICIEMBRE DEL 2003 55

FIGURA 13

TASA DE CRECIMIENTO ESPECÍFICO POR DÍA Y EN PROMEDIOS QUINCENALES, PARA CADA TRATAMIENTO, DURANTE LA INVESTIGACIÓN "REVERSIÓN DE SEXO Y PRECRÍA" EN ALEVINES DE TILAPIA NILÓTICA, DE JULIO A DICIEMBRE DEL 2003 56

FIGURA 14

FACTOR DE CONVERSIÓN ALIMENTICIO ACUMULADO EN PROMEDIOS QUINCENALES PARA CADA TRATAMIENTO, DURANTE LA INVESTIGACIÓN "REVERSIÓN DE SEXO Y PRECRÍA" EN ALEVINES DE TILAPIA NILÓTICA, DE JULIO A DICIEMBRE DEL 2003 57

FIGURA 15

PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA AL FINAL DE CADA PROCESO Y PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS, DURANTE LA INVESTIGACIÓN "REVERSIÓN DE SEXO Y PRECRÍA"EN ALEVINES DE TILAPIA NILÓTICA, DE JULIO A DICIEMBRE DEL 2003 58

FIGURA 16

PORCENTAJE DE MACHOS OBTENIDOS EN LA PRUEBA DE PROGENIE, MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LA PAPILA UROGENITAL, PARA CADA TRATAMIENTO, AL FINAL DE LA INVESTIGACIÓN "REVERSIÓN DE SEXO Y PRECRÍA EN ALEVINES DE TILAPIA NILÓTICA", DE JULIO A DICIEMBRE DEL 2003" 61

RESUMEN

La investigación se realizó en la Estación Acuícola Los Diamantes, ubicada en el caserío el Prado de la Rita de Guápiles, del Cantón Pocosí de la Provincia de Limón, en el período comprendido entre 16 de Julio al 02 de Diciembre del 2003, y constó de 2 etapas: reversión de sexo y precría.

El objetivo fue "Determinar el efecto de la hormona 17 – α – alfa metil testosterona con diferentes dosis (40, 50 y 60 miligramos por kilogramo de alimento), en el proceso de reversión de sexo de alevines de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) hasta alcanzar la etapa final de precría.

Para la reproducción se utilizaron tres estanques de tierra con una capacidad de 75 metros cúbicos cada uno para los reproductores, con un peso promedio de 300 gramos. De los cuales un estanque se sembró con 50 reproductores machos, con una densidad de 0.67 peces por metro cúbico. Otro se sembró con 100 hembras, con una densidad de 1.33 peces por metro cúbico. En el tercer estanque se sembraron hembras y machos juntos para que se reprodujeran, con una densidad de 2 peces por metro cúbico y en una relación de 2 hembras por 1 macho; se alimentaron con una dieta basada en 30% de proteína.

En el proceso de reversión (28 días de duración), se utilizaron 10 piletas de cemento de 4.8 metros cúbicos cada una. En cada pileta se sembraron 2400 alevines, en una densidad de 500 por metro cúbico, para un total de 24000 alevines, con un peso promedio de 0.10 gramos, distribuidos en 3 repeticiones para cada dosis de hormona y una pileta como control. El alimento que se utilizó fue un concentrado tamizado de 40 % de proteína. También se empleó la hormona 17 – α – metil testosterona en tres tratamientos (40, 50 y 60 miligramos/Kg de alimento). A los14 días se cambió la dosis de concentrado, usando una tabla de alimentación.

En el proceso de precría cuya duración fue de 112 días, se utilizaron las mismas piletas, con una densidad de siembra de 50 peces por metro cúbico, para un total de 240 alevines por pileta. En esta etapa de investigación se emplearon 2400 alevines. A los peces se les proporcionó un alimento concentrado de partícula más gruesa (polvo de 40 % de proteína) sin tamizar. Cada 15 días, previo a los muestreos se cambió la dosis de alimento según la tabla de Berzak (1992) (apéndice11).

Como resultado de la investigación se halló que los parámetros físico – químicos (pH, temperatura y oxígeno) no presentaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, se encontraron estos dentro de los ámbitos para el cultivo de la tilapia nilótica.

En esta investigación, se obtuvieron pesos promedios finales en la etapa de reversión superiores a 1 gramo por pez. En la etapa de precría los pesos promedios finales fueron satisfactorios y superiores a los 20 gramos, ya que se emplearon densidades de 50 peces por metro cúbico en vez de 10 peces por metro cúbico.

El factor de conversión alimenticia (FCA) acumulado que se obtuvo, no mostró diferencias significativas al final de la investigación puesto que se obtuvo un valor muy aceptable. Para el proceso de reversión de sexo en el tratamiento de 40 mg de hormona se obtuvo un FCA de 1.84 a 1, en 50 mg fue de 1.41 a 1 y en 60 mg 1.49 a 1. En la etapa de precría los valores de FCA alcanzaron 2.19 a 1 para el tratamiento de 40 mg, de 1.92 a 1 para el de 50 mg y de 2.39 a 1 para el de 60 mg de hormona.

La sobrevivencia en el proceso de reversión de sexo fue de: 86.80 % con el tratamiento de 40 mg de hormona, de 75.44 % para el de 50 mg y de 79.06 % con el de 60 mg de hormona. En precría la sobrevivencia fue de 64.86 % para el tratamiento de 40 mg, de 75 % en el de 50 mg y de 74.72 % para el de 60 mg de hormona.

Para la identificación del sexo al final de la etapa de precría, se obtuvieron los siguientes promedios de porcentajes de machos reversados, en los diferentes tratamientos: en el de 40 mg 64.89 %, en el de 50 mg de 75.30 % y en el de 60 mg de hormona se produjo un 96.90 % de machos.

Los resultados del análisis del costo de producción, nos indica que producir un alevín reversado hasta el final de la etapa de precría alcanzó un costo aproximado de 0.10 dólares y para efecto de mercadeo tomando en cuenta solamente reversión, éste es de 0.08 dólares.

I- INTRODUCCIÓN

La piscicultura a nivel mundial ha tenido un florecimiento muy importante en los últimos años, jugando un papel preponderante en el mejoramiento de la calidad de vida del ser humano, ha colaborado en el aumento de ingresos de divisas a los países productores, creando fuentes de empleo en aquellas comunidades donde el trabajo es escaso o mal remunerado (F.A.O. 1995).

Los primeros cultivos de peces en Europa, Asia, África y América fueron cultivos de subsistencia o de autoconsumo, sin mucho valor económico, pero de gran valor nutricional, aportando proteína barata y de buena calidad en los alimentos de la humanidad. Costa Rica no fue la excepción, en 1927 y 1928 se introdujo la trucha Arco Iris para poblar los ríos de las partes altas del país, que se encontraban desprovistos de ictiofauna nativa y fomentar en ellos la pesca deportiva (Otárola 1997). En los años 60 se introdujo la tilapia, cuyas producciones fueron para consumo de subsistencia y su comercialización fue mínima.

Con el paso de los años, tomando en cuenta el asesoramiento técnico por parte de entidades gubernamentales y privadas, responsables del desarrollo de la actividad piscícola y aunado a ello, la reducción de las capturas marinas, el cultivo de peces ha adquirido una gran importancia económica a nivel mundial en las exportaciones e importaciones, que tanto productores como

consumidores han cumplido un papel importante en el desarrollo de la actividad.

Durante las décadas de los años 60, 70 y parte de los años 80, el cultivo de la tilapia fue de tipo extensivo, con densidades de siembra de uno o dos peces por metro cúbico, cultivándose en estanques de tierra con aguas estancadas, reponiéndose el que se pierde por filtración o evaporación en monocultivo o policultivo con carpa, almejas o guapote. Los estanques se fertilizaban con abono orgánico como la gallinaza o la cerdaza, los peces se alimentaban principalmente de plancton, de deshechos vegetales, de sobros de cocina o subproductos de las fábricas como la semolina de arroz (Bolaños 1979 y Porras 1986).

En Costa Rica el cultivo de la tilapia se empezó a desarrollar como actividad productiva, a mediados de los años 80, cuando se adoptó una tecnología parecida a la del cultivo de la trucha: abundante agua de entrada y salida de los estanques. Los cultivos pasaron de ser extensivos a semi intensivos, intensivos y superintensivos, es decir mayor cantidad de peces cultivados en espacios más pequeños, alimentados con alimento balanceado en forma de "pelets"(pastilla) o bien en la categoría de extrusados (pelets con aire), a partir de la época de los 90.

La empresa Acuacorporación Internacional S.A. ubicada en Cañas Guanacaste, se puede considerar que fue la responsable del cambio en el

cultivo de la tilapia al pasar de un cultivo de subsistencia y de poco mercadeo, a cultivos industriales y de exportación, utilizando tilapia nilótica. Esta compañía tiene su mercado en Europa y Estados Unidos y exporta a ellos solo filete fresco.

A partir de los años 90 se realizó una serie de investigaciones sobre el desarrollo y crecimiento de la tilapia, en cultivos semi intensivos, intensivos y superintensivos en estanques de tierra y jaulas flotantes en el embalse del Arenal (Vargas 1991, Umaña 1991, Soto 1998, Durán (1998).

Las bases del desarrollo de la tilapia en Costa Rica, han sido las diversas investigaciones que se han realizado en las diferentes estaciones acuícolas, primero de la Dirección General de Pesca y Acuacultura del Ministerio de Agricultura y Ganadería y luego con el Departamento de Acuicultura del INCOPESCA. y del aporte de las investigaciones de la empresa privada.

II - ANTECEDENTES

2.1 ¿Qué es la acuicultura?

La acuicultura data de hace más de 2500 años, comenzando con la explotación de los recursos acuáticos en China aproximadamente 500 años antes de Cristo (F.A.O. 1997).

La F.A.O. (1997), describe la acuicultura como "el cultivo de organismos principalmente acuáticos para el consumo humano, tales como peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas". Estos cultivos se desarrollan bajo condiciones controladas como son: la densidad, la alimentación, el crecimiento, la protección de depredadores, las condiciones físico – químicas, características biológicas y la programación de siembras y cosechas.

Los cultivos acuícolas también se realizan con otros fines como: ornamentales, para la repoblación de ríos, lagos, lagunas y embalses para la conservación de las especies.

2.2 Situación mundial

La acuicultura se ha incrementado fuertemente a medida que los recursos marinos han ido disminuyendo debido a su explotación irracional. Esta sobreexplotación ha obligado a varios países del mundo a tomar medidas extremas y Costa Rica no es la excepción. En nuestro país se ha recurrido a los períodos de veda para la protección de las especies; sin embargo, la

recuperación ha sido muy lenta o casi nula. Este faltante de productos marinos se ha compensado con los cultivos acuícolas (peces, camarones almejas y caracoles). Para 1999 el esfuerzo pesquero (productos marinos, principalmente pescado) fue de 21009.3 toneladas métricas TM; para el 2000 de 24765.10 TM; para los cultivos acuícolas la producción fue en 1999 de 9324 TM. y para el 2000 fue de 9708 TM. Para el año 2002 la producción nacional en pesca marina fue de 25366TM. y la producción acuícola aumentó a 18499 TM. Según proyecciones, para mediados del año 2004 ambas producciones serían parecidas (Adán Chacón INCOPESCA. com. per. Junio 2003).

La producción mundial acuícola en 1994 fue de 15.369,861 toneladas métricas distribuidas entre 103 especies de peces, 21 especies de crustáceos y 43 especies de moluscos. La producción acuícola de Asia, sigue siendo la más importante y representó el 84.9% de la producción mundial para ese año. La producción acuícola de peces fue 11.100,678 TM; correspondiendo la producción de tilapia cerca del 5%. la tilapia, *Oreochromis niloticus* es la más cultivada con un total de 426.773 TM. (F.A.O. 1997). La producción de tilapia en Asia domina la producción mundial, según datos de la F.A.O. , más del 82% de la producción mundial proviene de Asia. (F.A.O. 2001).

Estadísticas proporcionadas por China indicaron niveles de producción de 560.000 toneladas métricas en 1999, mostrando un aumento en la producción de 400% por año en la presente década. (F.A.O. 2001).

Otros grandes productores en Asia incluyen a Tailandia, las Filipinas e Indonesia. El volumen de tilapia producida en Asia es proveniente de Taiwán,

China e Indonesia, para consumo local y para exportación en cantidades significativas de 28%, 24%, y 3% respectivamente. El mercado más grande de exportación de esa región en el año 2000, es el de Estados Unidos. (Fitzsimmons 2000).

La producción de tilapia en Asia se hace principalmente en estanques con agua dulce, aunque hay alguna producción en jaulas y estanques con agua salobre. La tilapia es cultivada bajo la modalidad de monocultivo (una sola especie) y frecuentemente lo hacen en policultivos principalmente con variedades de carpas. Los sistemas de cultivo pueden ser establecidos sin otra actividad, como predomina en Filipinas, o integrados con otras actividades agrícolas, como sucede en Vietnam y algunos lugares de China (Fitzsimmons, 2000).

2.3 Tendencias de la Acuicultura en América Latina y Costa Rica

La actividad acuícola en América Latina y el Caribe es reciente si se compara con el desarrollo que han adquirido los países asiáticos como China, que han practicado la acuicultura tecnificada por aproximadamente tres siglos y han adquirido gran desarrollo aplicando las mejores tecnologías, a partir de los años 60, desarrollando industrias y exportando sus productos a mercados de Estados Unidos y Europa. Estas compañías acuícolas están asociadas con capital extranjero principalmente de Estados Unidos. Por el contrario la producción en América Latina es pequeña y ha surgido como una alternativa, para el consumo de proteína un poco más barata para el mercado local e

internacional, utilizando recursos propios de la zona para reducir los costos de producción F.A.O. 1992).

Las principales especies de peces de agua dulce cultivadas en la región, incluyen varias especies de carpas, tilapias, cachamas, truchas y pez gato.

La producción de tilapia tanto a nivel semi intensivo como intensivo, se ha expandido considerablemente en la región debido a la creciente demanda en el mercado de Norte América principalmente Estados Unidos. A nivel del istmo centroamericano el sector está aumentando rápidamente, con crecimiento anual de casi el 5%, donde se presentan condiciones favorables que permiten desarrollar esta actividad, sobre todo condiciones de tipo hidroclimático. (F.A.O. 1992).

En Costa Rica la actividad acuícola organizada, comienza en la década de los 60 y en 1993 la producción de peces de agua dulce alcanzó las 1510TM. (F.A.O.1995) y la especie que más se ha cultivado es la tilapia. En el 2000 la producción de tilapia fue de 10000 TM. (Schramm 2001).

La actividad acuícola en Costa Rica se ha desarrollado muy rápido en los últimos años, como se demuestra en el cuadro 1.

Producción Acuícola en TM. en Costa Rica 2000 - 2004

según Organismos

Cuadro 1

Año / Organismos	2000	2001	2002	2003	2004
Tilapia	8000	8500	13190	14679	18987
Trucha	200	210	500	513	515
Camarón	1300	1800	4097	5051	5076
Langostino	15	10	5	5	5
Gran Total	9515	10520	17792	20248	24583

Fuente: Departamento de Acuicultura – INCOPESCA informe anual.

2.4 Cultivo de Tilapia en Costa Rica

El desarrollo de la piscicultura con énfasis en tilapia tuvo un incremento considerable en la década de los 70 con el apoyo gubernamental por parte del Ministerio de Agricultura y Ganadería y algunas instituciones del sector privado, tales como la Asociación Bananera Nacional y la Junta de Administración Portuaria de Desarrollo de la Vertiente Atlántica,(JAPDEVA) que crearon y ampliaron infraestructura básica de las estaciones experimentales acuícolas, que se dedicaron a la investigación y producción de semilla (Nanne 1993). La tilapia *Oreochromis mossambicus* fue la primera especie que se cultivó fuera de África, fue introducida al sudeste de Asia en la

década de los 30 se extendió en Europa, América, el resto de Asia y el Pacífico Sur. Otras especies han sido muy explotadas en años recientes como la *O. niloticus* o tilapia del Nilo, y para aguas un poco más frías la *O. aureus*. A nivel mundial la tilapia es la segunda especie de importancia en cultivo de peces después de la carpa común *(Cyprinus carpio)* (Nanne 1993).

La tilapia fue introducida en Costa Rica en 1963, con ejemplares de *O. mossambicus* y de *Sarotherodon melanopleura* provenientes de El Salvador por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (Ruiz 1980).

En 1965 El Centro de Diversificación Agrícola de Turrialba importó las especies Oreochromis mossambicus y *Oreochromis aureus* sentando las bases para el desarrollo de la acuicultura en el país, al importar líneas puras desde Malasia (Durán *et. al.* 1995).

A través de la Misión Técnica Agrícola de la República de China (Taiwán) se importaron nuevas especies de tilapia, tales como *Oreochromis hornorum, O. niloticus,* tilapia roja y tilapia dorada, traídas de diferentes lugares tales como Taiwán, México, Panamá y Cuba (Ruiz 1980).

La mejor característica de la tilapia en medios de cultivo es la tolerancia a aguas de baja calidad (pH, oxígeno y temperatura), a su amplio ámbito alimenticio y a su maduración sexual temprana, antes de que el pez alcance el peso y tamaño de mercado.

Se han realizado múltiples esfuerzos por parte de entidades estatales, como la Dirección General de Recursos Pesqueros y Acuicultura del Ministerio de Agricultura y Ganadería actualmente conocida como Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPESCA), la Universidad de Costa Rica, la Universidad Nacional, y la Corporación Bananera Nacional (CORBANA), entre otras, para promover el desarrollo de la piscicultura (Durán, INCOPESCA com. per. 2003).

El desarrollo de la piscicultura se dio con la ampliación de la infraestructura básica de las estaciones experimentales. En 1977 se construyó la Estación Acuícola Enrique Jiménez Núñez, del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), en Cañas Guanacaste, produciendo información sobre el cultivo de híbridos, sistemas de policultivos de tilapia con otras especies de peces y moluscos (Ruiz 1980).

En 1979 se construyó la Estación Acuícola Los Diamantes en Guápiles Pocosí de la provincia de Limón, utilizándose esta estación para la investigación de cultivo intensivo, con otra variedad de tilapia (la tilapia roja). En el desarrollo de la tilapia en la zona Atlántica costarricense, la Junta de Administración Portuaria y de Desarrollo de la Vertiente Atlántica (JAPDEVA), tuvo un papel preponderante, con el desarrollo del proyecto en "Nueve Millas" de Limón, generando tecnología en jaulas flotantes. También la Compañía Piscícola del Caribe, produjo tilapia comercialmente (Nanne 1993).

En 1981 se construyó la Estación acuícola Cuestillas de San Carlos en terrenos del Centro Agrícola Cantonal. Esta estación ha servido como centro demostrativo y de producción de alevines de tilapia Áurea para toda la zona (Chacón INCOPESCA. com. per. 2003).

En 1986 se inició el proyecto piloto, "Fomento de la Acuicultura", por medio del programa de cooperación técnica entre el gobierno de Costa Rica (MAG) y el gobierno de Alemania (GTZ), con el objetivo de probar y presentar un programa adecuado para el desarrollo de la Acuicultura en la zona Atlántica y en el Embalse del Arena, además de la pesca en dicho Embalse (Otárola, 2002).

Como resultado de lo anterior se crearon dos proyectos importantes de cultivo de tilapia en jaulas flotantes en el Embalse del Arenal: la Cooperativa de Productores de Tilapia (COOPEHUETAR NORTE) en 1991, ubicada en la zona de la Fortuna de San Carlos y la Asociación de Productores de Tilapia (ASPROTILAPIA) en 1993, localizada en Puerto San Luis de Tronadora (Durán 1995).

En 1988 se crea el Centro de Investigación y Producción Truchícola Ojo de Agua de Dota con el fin de impulsar la acuicultura de aguas frías (La Trucha Arco Iris), como una alternativa de producción para las zonas altas del país (Otárola 1997).

En 1994 mediante la Ley 7384 de la Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, se decretó la creación del Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPESCA) al cual le compete coordinar el sector pesquero y acuícola promoviendo y ordenando la pesca, la caza marítima, la acuicultura y la investigación, fomentar la conservación y el uso sostenible de los recursos biológicos del mar y de la acuicultura, así como normar el aprovechamiento racional de los productos pesqueros y acuícola. En materia de acuicultura, como principales logros, el INCOPESCA., ha orientado sus esfuerzos hacia el campo de la extensión y el servicio a los cultivos de trucha y tilapia, mercadeo y diagnóstico del sector productivo de tilapia y trucha (Otárola 2002).

Actualmente, en Costa Rica las especies de tilapia más utilizadas son la *Oreochromis niloticus*, *O. aureus* y el híbrido de tilapia roja (cruce de hembras de *Oreochromis mossambicus* variedad albina con machos de *Oreochromis niloticus)* se le conoce como *Oreochromis sp.* Recientemente se importaron de México un híbrido de tilapia: la tilapia blanca Rocky Mountain White (cruce de hembras de *Oreochromis aureus* con machos de *Oreochromis niloticus*, la *Oreochromis niloticus* variedad Sterling, o tilapia Rosada, las cuales se encuentran en fase de experimentación (Durán INCOPESCA. com. per. 2005).

El mayor productor de tilapia en Costa Rica es Aqua Corporación Internacional S.A. una empresa privada que surgió en 1986 se dedica al cultivo de líneas puras monosexo de tilapia *Oreochromis niloticus*. Se basa en

un sistema de cultivo intensivo con muchos recambios de agua, utilizando poblaciones masculinas a base de hormonas (17-α-metil testosterona) y sus principales mercados se encuentran en Estados Unidos y Europa. En 1996 la producción fue de 350 toneladas métricas por mes, produciendo al año 4200 TM. Para los años siguientes (1997 – 1998) se obtuvo un aumento anual en su producción de mas de un 20%. En el 2002 la producción de tilapia fue de 10542 toneladas métricas de las cuales se exportó 4500 toneladas métricas de filete, lo que representa un 90% de su producción, el 10% restante lo destinan al mercado interno. Los sobrantes de la producción de filete son destinados a producir subproductos como "harina, aceite, pancitas y otros" (Jorge Arturo Álvarez, Aqua Corporación com. per. junio 2003). La producción bruta diaria durante el 2003 fue de 50 TM. lo que representa la producción durante este año de 18750 TM., exportándose 5475 TM., de filete (Felipe Vaquerano, Aqua Corporación com. per. febrero 2004).

Existen otros productores importantes de tilapia en Guanacaste tales como: Guanapez que cuenta con 22 hectáreas de espejo de agua y produce un promedio de 40 TM, por hectárea por año. Finca de tilapia La Pacífica que posee 48 hectáreas y produce en forma intensiva 3000 TM., por año y tiene en construcción 30 hectáreas más. Finca el Pelón de la Bajura con 80 hectáreas y produce 40 TM. por hectárea y en construcción 40 hectáreas más. Finca Agricultura de Peces con Tilapia del Sol con 40 hectáreas; se encuentran en la primera fase de producción y en sus planes está el construir 40 hectáreas más (Durán com. per. 11 de Junio 2005).

Cabe señalar que el cultivo de tilapia se ha extendido en todas las zonas bajas del país, siendo la zona de San Carlos el lugar donde se encuentra la mayor cantidad de pequeños y medianos productores que utilizan la especie *Oreochromis aureus*. La *Oreochromis niloticus* es la especie de más producción en tonelaje, se explota en la zona de Guanacaste, zona Atlántica y zona Sur del país, en donde las condiciones climáticas así como el agua y suelos son óptimos para su desarrollo.

2.5 Tilapia distribución y taxonomía

Tilapia es un término genérico, utilizado para designar un grupo de especies de peces de valor comercial perteneciente a la familia de Cichlidae, la expresión se deriva de la palabra nativa Bechuana (África) "thlape" que significa pez (Toledo 1998).

Los cíclidos se clasifican en el Orden Perciformes y habitan naturalmente en aguas dulces y salobres de África, el Medio Oriente, las zonas costeras de la India, América Central, América del Sur y el Caribe. Sin embargo las verdaderas tilapias son nativas de África y el Medio Oriente. En este momento, debido a su introducción por el hombre, están presentes en la zona tropical y subtropical de todo el mundo, incluyendo Asia y Oceanía (Pullin & Mc. Lowell 1982).

De acuerdo a la clasificación de Berg, modificada por Trewavas (1983), y citado por Otárola (2002), las tilapias se clasifican de la siguiente forma:

Phyllum: Chordata.
Subphyllum: Vertebrata
Superclase Gnathostomata
Serie Pisces
Clase Actinopterygii
Orden Perciforme
Suborden Percoidei
Familia Cichlidae

Género 1- *Tilapia*
Especie: a- *rendalli*
b- *zilli*
2- *Oreochromis*
Especie: a- *aureus*
b- *niloticus*
c- *mossambicus*
d- *urolepis hornorum*
3- *Sarotherodon*
Especie: a- *galiiaeus*
b- *linnelli*
c- *melanopleura*

2.6 Biología de la especie

2.6.1 Anatomía externa

Estos peces se caracterizan por presentar especies de coloración muy atractiva, y se identifican tres géneros: *Tilapia*, *Sarotherodon* y *Oreochromis*, ésta última incluye a la mayoría de las especies cultivadas (Popma & Masser 1999).

Los cíclidos se caracterizan por la presencia de un solo orificio nasal a cada lado de la cabeza que sirve simultáneamente como entrada y salida de la cavidad nasal, el cuerpo es generalmente comprimido y semi - elíptico, raramente alargado. La boca es protráctil, generalmente ancha, a menudo bordeada por labios gruesos, las mandíbulas presentan dientes cónicos y en algunas ocasiones incisivos. Tienen membranas branquiales unidas por 5 o 6 arcos branquiestegos y un número variable de branquiespinas, según las diferentes especies. La parte anterior de la aleta dorsal y anal es corta y consta de varias espinas y la parte terminal tiene radios suaves con membranas interradiales, que en los machos suelen estar fuertemente pigmentados. La aleta caudal es redondeada, trunca o muy raramente recortada según la especie. La línea lateral en los cíclidos está interrumpida y se presenta dividida en dos secciones y en diferentes niveles, la sección anterior se extiende desde el opérculo hasta los últimos radios de la aleta dorsal, mientras que en la sección posterior se localizan dos o tres filas de escamas abajo de donde termina la línea lateral superior, hasta el final de la aleta caudal. Presenta escamas de tipo cicloides, el número de vértebras puede ser de 28 a 40 (INCOPESCA 1999).

2.6.2 Anatomía interna

El sistema digestivo que se inicia en la boca, continúa con el esófago y el estómago. El intestino tiene forma de tubo, su longitud alcanza siete veces el largo total del cuerpo, característica de especies herbívoras. Presenta dos glándulas asociadas con el tracto digestivo, el páncreas y el hígado.

Presenta una vejiga natatoria en forma de bolsa alargada el cual es un órgano hidrostático. El sistema excretor está compuesto por el riñón, los uréteres y la vejiga.

El aparato reproductor está formado por gónadas pares. En las hembras los ovarios son pares de forma alargada y tubular de diámetro variable. En los machos los testículos son pares y se sitúan en la parte superior del hígado por debajo de la vejiga natatoria y son pequeños sacos en forma alargada (INCOPESCA 1999).

2.6.3 Hábitos reproductivos

Los cíclidos muestran un comportamiento reproductivo especializado muy relacionado con su compleja biología evolutiva. Una característica distintiva de los géneros que integran el grupo de las tilapias es el referido al tipo de cuidado que los progenitores brindan a sus crías. En los géneros *Sarotherodon y Oreochromis,* las hembras incuban los huevos en la boca y una vez nacidos, cuidan a la descendencia por un tiempo adicional (incubadores bucales) (Fig.7). Otro grupo de estas especies del género *Tilapia,* realiza la incubación sobre un substrato fijo en el fondo o construyendo un nido sobre ellos (Bardach *et. al.* 1972).

Normalmente las tilapias maduran a los tres meses con un tamaño entre los 6 y 7 centímetros y se pueden reproducir cada 4 o 9 semanas en condiciones favorables. La reproducción se realiza normalmente en estanques de tierra o bien en estanques de cemento con sustratos que por lo general son camas de arena y en otros tipos de cultivo (Pullin & Lowell 1982, Coll 1986).

2.6.4 Hábitos alimenticios

Su régimen de alimentación es del tipo omnívoro y variable, dependiendo del tamaño y la edad, los microhabitats ocupados por el pez y la época del año.

Los alevines tienen un régimen de alimentación muy diverso, extrayendo pequeñas partículas orgánicas de los sedimentos, fitoplancton, diatómeas, perifiton, zooplancton y organismos bénticos (Otárola 2002).

Los adultos se alimentan de vegetales, cianobacterias y fitoplancton (Salas & Yang 1993).

2.6.5- Sistemas de obtención de poblaciones macho de tilapia

La alta capacidad reproductiva y precocidad de la tilapia conlleva al sobrepoblamiento y da como resultado la producción de peces más pequeños y por lo tanto menos convenientes comercialmente.

Las poblaciones monosexo son las más utilizadas parar evitar este problema, además se debe tomar en cuenta que las hembras alcanzan un menor tamaño en comparación a los machos, debido a que gran parte de su energía la utilizan para la producción de gametos en los ciclos reproductivos. La producción de

poblaciones 100% de machos es de suma importancia para los cultivadores de estas especies, dado que obtienen mayores beneficios económicos (Durán com. per. 2002).

Estas poblaciones monosexo se pueden obtener de tres formas: mediante el sexado manual, por hibridación interespecífica y con la técnica de reversión de sexo con tratamiento hormonal.

2.6.5.1- Sexado manual

En el sexado manual los machos son seleccionados con base en la apariencia externa de los órganos sexuales (la papila urogenital) (Bardach *et. al.* 1972). Este método es laborioso y requiere de mucha destreza, debido a que es fácil el error humano. Para facilitar esta técnica se utiliza tinta china para marcar la papila urogenital y así poder diferenciar los individuos hembras de los machos (Popma & Masser 1999).

2.6.5.2- Hibridación interespecífica

La hibridación interespecífica es una simple tecnología genética muy utilizada con el desarrollo de la técnica artificial de producción. Este procedimiento puede ser usado para combinar las mejores características de dos diferentes especies o para transferir uno o varios de estos factores de un grupo a otro. Este mejoramiento en la tecnología reproductiva tiene un significado muy importante para los productores, ya que los ayuda a "domesticar especies" y a cruzar especies en tiempos que les sea más beneficioso y asegurar un

constante suministro de pescado en el mercado (F.A.O. 2000). Esta tecnología busca la obtención de grandes poblaciones de machos a través del cruce entre sí de dos líneas puras. Sin embargo, este método presenta el inconveniente de que requiere mantener un "stock" constante de reproductores genéticamente puros para lograr producir poblaciones de peces 100% machos.

2.6.5.3- Reversión sexual

La reversión de sexo en tilapia se realiza mediante la administración de andrógenos suministrados con el alimento, con lo cual es posible obtener de un 95% hasta un 98% de poblaciones de machos (Durán *et. al.*1995).

La técnica de reversión de sexo en tilapia se desarrolló en los Estados Unidos en la Universidad de Auburn, Alabama, bajo condiciones de laboratorio (Wohlfath & Hulata 1981) la cual consiste en la producción de poblaciones de un solo sexo (machos) inducidos con hormonas sexuales. En forma natural la reversión de sexo, es un proceso que se presentaría solo en condiciones extremas la especie tenga que evolucionar para sobrevivir. Para satisfacer las necesidades del piscicultor con alevines de un solo sexo, desde 1986 se introdujo en Costa Rica la técnica de reversión de sexo, primero en Aqua Corporación Internacional, S.A. Cañas Guanacaste y de ahí se propagó en 1988, a todas las estaciones experimentales del Departamento de Acuicultura de la Dirección General de Pesca del Ministerio de Agricultura y Ganadería, técnica que ya había sido utilizada en otros países tropicales con este propósito.

Desde 1984 investigadores y productores en algunos países, incluyendo Estados Unidos, Israel, Tailandia, Filipinas, Jamaica, Ecuador, Panamá y Honduras, han demostrado que se puede realizar la reversión de sexo en las tilapias con fines de producción a escala comercial. Para este propósito se utilizan jaulas dentro de estanques con abundante alimento natural (plancton), los peces crecen rápidamente y la incidencia de enfermedades es reducida (Fajardo *et. al.* 1995).

La producción de alevines machos de tilapia por medio de la reversión de sexo, consiste en la administración vía oral, de una hormona masculina sintética durante cierto período. Esta técnica se inicia generalmente al finalizar la absorción del saco vitelino, antes que los peces alcancen la diferenciación de su tejido gonadal.

La hormona es mezclada con el alimento concentrado de alto valor proteico (Shephead & Bromage 1988). Con esta técnica aplicada a los alevines sexualmente indiferenciados, se obtiene de un 95 a 100% de machos (Buddle 1984).

Con este tratamiento, realizado en pilas bajo techo, se obtuvo un 97,33%, utilizando estanques al descubierto se alcanzó 97,6% y en jaulas dentro de estanques, se obtuvo el 96% de alevines machos de tilapia áurea (*Oreochromis aureus*) (Salas 1986).

Green & López (1988) informan que el uso hormonal en la tilapia nilótica para la reversión de sexo en una producción masiva de alevines es de un 97%. Con base en comunicación personal que se ha tenido con los responsables de las diferentes estaciones del INCOPESCA, de empresas privadas, con la bióloga Ana Lorena Salas, se presenta en el apéndice 9, los resultados que han obtenido en las diferentes reversiones de sexo con el empleo de la hormona sintética 17 - α - metil testosterona en tilapia, utilizando 60 miligramos de la misma por kilogramo de alimento.

Existen otros tipos de andrógenos sintéticos que han sido incorporados dentro de la dieta de la tilapia (Phelps 1992), para la reversión de sexo y que se listan en el apéndice 10.

2.6.5.4 Efecto de la hormona 17 - α - metil testosterona en la reversión de sexo.

Phelps & Popma en el 2000 reportan estudios realizadas en alevines de tilapia *Oreochromis niloticus* recién eclosionados por varios investigadores, donde informan como y donde actúa la hormona: Alvendía, Casway, & Carino (1988) en Alabama encontraron células germinales primordiales en la raíz dorsal del mesenterio y en células endodérmicas del intestino, que estas luego migran hacia la región gonadal. Makamura & Takahashi (1985) informan que estas células germinales presentan un período crítico en las gónadas sexualmente indiferenciadas y que durante este período responden bien a los

esteroides exógenos y endógenos (andrógenos o estrógenos) induciendo a la determinación del sexo. Hackmann & Reinboth (1973) reportan que la administración de andrógenos exógenos lo que provoca es una degeneración total o parcial de los gonocitos de las hembras. El pez con gónadas genéticamente hembras, no puede ser capaz de producir estrógenos, para el mantenimiento de la oogénesis y la ausencia de hormonas femeninas trae consigo un desarrollo testicular.

III- OBJETIVOS

3.1- OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la hormona 17 - ∝ - metil testosterona con diferentes dosis (40 – 50 y 60 miligramos por kilogramo de alimento) en el proceso de reversión de sexo de alevines de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), hasta alcanzar la etapa final de precría.

3.2- OBJETIVOS ESPECIFICOS

1- Medir los factores físicos - químicos (pH, temperatura y oxígeno) del agua en la etapa de reversión y precría, para estimar su influencia en los dos procesos.

2- Definir algunas características biológicas en las dos etapas de la investigación mediante muestreos para establecer su desarrollo.

3- Evaluar los niveles de subreviviencia de los alevines de tilapia nilótica luego de superadas las dos etapas (reversión de sexo y precría).

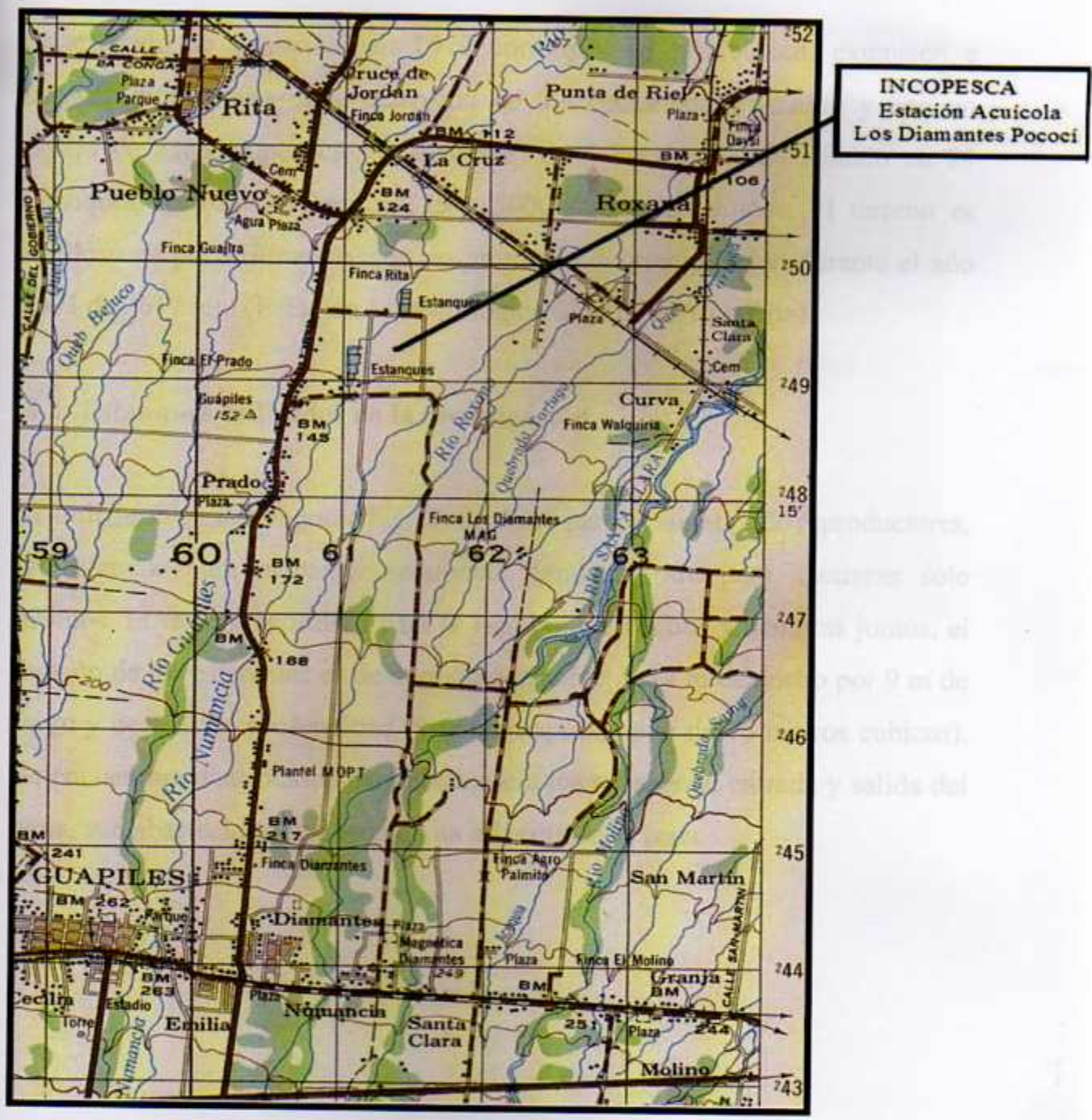
4- Determinar el porcentaje de machos obtenidos en el proceso de reversión, con la utilización de tres dosis de la hormona 17 - ∝ - metil testosterona.

5- Determinar los costos de producción por alevin reversado (en etapa de reversión y etapa de precría).

IV- MATERIALES Y MÉTODOS

4.1- Área de estudio

La investigación se realizó en la Estación Acuícola Los Diamantes, del 17 de julio al 1 de diciembre del 2003. Propiedad del Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPESCA), ubicado en el Caserío El Prado del distrito de la Rita del cantón Pococí de la provincia de Limón y se encuentra a una altura de 300 metros sobre el nivel del mar.



Fuente: Instituto Geográfico Nacional San José Costa Rica

Figura 1. Ubicación de la Estación Acuícola Los Diamantes La Rita de Guápiles.

La estación se construyó en 1979 con fines de producción, extensión e investigación, posee una extensión de 9.3 hectáreas de terreno y con un espejo de agua (superficie de estanque) de 2 hectáreas, distribuido en 29 estanques con dimensiones de 75 a 5000 metros cuadrados. El terreno es arcilloso de poca filtración, con un promedio de precipitación durante el año 2003 de 2617 mm (Estación Meteorológica CORBANA La Rita).

4.2- Estanques utilizados en la investigación

Se utilizaron tres estanques (Fig. 2) de tierra para la siembra de reproductores, un estanque para mantener solamente hembras, otro para mantener solo machos. El tercero se utilizó para la siembra de machos y hembras juntos, el tamaño de los estanques es de aproximadamente 8.34 m de ancho por 9 m de largo y de 1 m de profundidad (volumen aproximado de 75 metros cúbicos). Se encuentran distribuidos paralelamente a los canales de entrada y salida del agua, son abastecidos con agua de un afluente de la zona.

Figura 2. Estanques utilizados para reproducción. Estación Acuícola Los Diamantes, La Rita de Guápiles.

4.3- Preparación de los estanques

Los estanques se limpiaron en forma mecánica (con pala) de sedimentos, se eliminaron otros peces por medio de extracción manual, además se desinfectaron con cal viva (CaO) a razón de 800 kilogramos por hectárea de estanque, en este caso 6 kilogramos por estanque. Se dejaron secar por espacio de 8 días, después se fertilizaron con gallinaza, aplicándose 4000 kilogramos por hectárea (30 kilogramos de gallinaza por estanque). Luego se llenaron hasta 30 centímetros de agua y se mantuvieron en maduración por espacio de 8 días, posteriormente se procedió a llenar por completo los estanques para sembrar los peces.

4.4- Diseño experimental

La investigación en reversión de sexo se realizó con alevines de tilapia nilótica, con tres repeticiones de diferentes dosis de hormona. En total se usaron 10 piletas de cemento previamente desinfectadas, tres piletas para cada tratamiento y una como control, con un volumen de 4.8 metros cúbicos cada pileta (Fig.3). Las piletas fueron utilizadas tanto para el proceso de reversión como para el de precría. En el caso de reversión de sexo, se sembraron los alevines a razón de 500 por metro cúbico, con un total de 2400 alevines por pileta. Se utilizaron 24000 alevines en total, con recambio de agua diario del 5%.

El proceso en la pileta de control, se realizó con la misma técnica de manejo de las piletas donde se aplicaron las diferentes dosis de hormona (muestreos, análisis físico - químico del agua, etc.).

Figura 3. Piletas utilizadas en el proceso de reversión de sexo y de precría. Estación Acuícola Los Diamantes, La Rita de Guápiles.

4.5- Selección de reproductores

Se utilizaron reproductores seleccionados de tilapia *Oreochromis niloticus* de línea pura: hembras y machos de acuerdo con sus mejores características fenotípicas, entre las cuales se pueden citar: coloración, forma, tamaño del cuerpo y condiciones óptimas de salud.

Su peso promedio fue de 300 gramos. Se pesaron individualmente utilizando una balanza semi analítica portátil marca OHAUS, modelo L 2000. Cada reproductor fue identificado y clasificado de acuerdo a su sexo. Se utilizaron 100 hembras y 50 machos. La cosecha de los reproductores se hizo con una red de arrastre de 20 metros de largo por 2 metros de alto, con una luz de malla de 5 centímetros.

4.6- Preparación de Reproductores

Los reproductores se mantuvieron separados por sexo en diferentes estanques. En un estanque se sembraron los machos quedando a una densidad de 1.33 machos por metro cúbico, en otro se sembraron las hembras con una densidad de 0.67 hembras por metro cúbico durante 15 días. Se les aplicó un concentrado extrusado (poroso que lo hace flotar), con un 30% de proteína y aplicándoles una dosis diaria de alimentación de un 3% sobre la biomasa, distribuidos en dos raciones.

4.7- Siembra de los Reproductores

Los reproductores hembras y machos (Fig. 4) juntos se transfirieron al estanque 3. Se sembró a razón de 2 peces de 300 gramos por metro cúbico en una relación de 2 - 1 (dos hembras por un macho), se alimentaron tres veces al día con base a su peso, en una dosis de 2% durante los primeros 15 días. La dosis de alimentación se calculó usando la tabla de Berzak (1992). A partir del día número quince se observó reproducción y se redujo la dosis de alimento a un 1% de la biomasa. (Apéndice 11)

Fig. 4. Padrotes de *Oreochromis niloticus* de la Estación Acuícola Los Diamantes, La Rita de Guápiles.

4.8- Recolección de Alevines

Los alevines se recolectaron en el estanque donde están sembrados los reproductores (Fig. 5). Para su recolección, se utilizó una red de malla de 1mm de luz (1000 micras), la que se pasó por las orillas y por la superficie del estanque a partir del día número 15; luego este procedimiento se repitió los días 22 – 25 y 30 después de sembrados los reproductores. (Apéndice 8)

Una vez capturados los alevines se seleccionaron haciendo uso de una red con una malla de 4 mm. Las larvas que sobrepasaron los 12 mm de largo, fueron desechadas debido a que a este tamaño sus gónadas en su mayoría se encuentran ya diferenciadas. De los alevines de menor tamaño, se tomó una muestra con un pascón de unos 10 centímetros de diámetro, luego se procedió a pesarlos y contarlos y se determinó su número y peso promedio. Conociendo el peso promedio de los alevines, se facilitó el proceso de siembra en las respectivas piletas.

Fig. 5. Captura de alevines para el proceso de reversión de sexo, en la Estación Acuícola Los Diamantes en La Rita de Guápiles.

4.9- Preparación del concentrado

El concentrado hormonado se preparó de la siguiente manera:
se utilizó un concentrado de 40% de proteína, el cual se pasó por un tamiz para eliminar las partículas de mayor tamaño.
La hormona que se utilizó es la 17 alfa metil testosterona, de la casa comercial N PJ O H N CIA. Hudson FINE Chemical Divition, Kalamazoo Michigan 49001 USA. Lote 96 ATA; en dosis de 40, 50 y 60 miligramos, pesada en una balanza analítica para evitar errores. Cada dosis se disolvió en 0.5 litros de alcohol etílico de 95° de pureza. Una vez disuelta la hormona se mezcló con 1 kilogramo de alimento. Esta mezcla homogénea se colocó en un lugar fresco y bajo techo a una temperatura de 18 °C. por 24 horas para que se seque. Luego se recogió y se guardó en un cuarto oscuro a temperatura ambiente.

4.10 Reversión de sexo en alevines

Para la obtención de altas poblaciones de machos, se conoce que genéticamente el cruce dentro de una misma línea pura de tilapia produce 50% de machos y 50% de hembras, pero las líneas puras con las que contamos en las diferentes estaciones del Departamento de Acuicultura del INCOPESCA no son genéticamente puras y a través de los diferentes ensayos que se han realizado, se ha determinado que en un desove se pueden producir más porcentaje de machos y en otro desove se puede producir más porcentaje de hembras, (Gerardo Zamora INCOPESCA com. per. Marzo 2004).

4.11- Alimentación de alevines

Los alevines se comenzaron a alimentar con el concentrado hormonado y seco, iniciándose el proceso de reversión el que tiene una duración de 28 días según tabla que utiliza INCOPESCA, para reversión de sexo. (apéndice 12)

La alimentación se aplicó en forma manual cada hora de las 07:00 a 17:00 horas, esparciendo el concentrado (Fajardo *et. al.* 1995). Para el cambio de dosis de alimento, se realizó un muestreo al azar de un 10% de los alevines en cada una de las piletas cada 14 días. El desarrollo de alevines se determinó con base en parámetros biométricos como lo son: peso promedio, y biomasa total. Además de los anteriores parámetros, se llevó un control de las condiciones físico químicas del agua durante todo el proceso. También se determinó la tasa de sobrevivencia: control de pérdidas y mortalidades.

4.12- Desarrollo de alevines reversados (etapa de precría)

Se procedió a continuar con el desarrollo (precría), una vez terminado el período de reversión, en el que los alevines alcanzaron aproximadamente el peso promedio de un gramo. Se sembraron 50 peces por metro cúbico con un total de 240 peces por pileta, iniciándose con una dosis de alimento de 10% de la biomasa, utilizando la misma tabla de alimentación que se usó para alimentar los reproductores, Berzak (1992) (apéndice 11). Se realizó un muestreo cada quince días en las 10 piletas, se determinó el desarrollo de los alevines, su sobrevivencia y se fijó nueva dosis de alimentación. Este proceso se llevó hasta los 112 días de desarrollo, donde los peces alcanzaron un peso promedio entre los 20 y 34 gramos.

4.13- Prueba de progenie

Después de 140 días de desarrollo, se procedió a identificar el sexo de los juveniles, debido a que es imposible determinarlo en los alevines recién finalizado el proceso de reversión (28 días). Para su identificación, se hizo uso de la prueba de progenie, la cual contempla un examen visual de la papila urogenital, al total de los peces de cada tratamiento. Este procedimiento consistió en aplicar tinta china sobre las papilas y así diferenciar fácilmente machos de hembras (Fig. 6).

Para analizar las gónadas y confirmar el sexo que se observó, se sacrificó el 5% del total de hembras resultante del análisis visual de la pila urogenital. Finalmente se obtuvo el porcentaje de alevines reversados para cada tratamiento. Para realizar este proceso se usó como control las gónadas de hembras y machos con su sexo bien definido.

Figura 6. Análisis de la papila urogenital para identificar el sexo en la Estación Acuícola los Diamantes, La Rita de Guápiles.

Figura 7. Tilapia de 4 meses de edad incubando huevos en la boca. Estación Acuícola los Diamantes, La Rita de Guápiles.

4.14- Parámetros físico - químicos

Se realizaron análisis físico – químicos del agua, en cada etapa del proceso (reversión y precría). Los factores físico – químicos que se determinaron durante la investigación fueron: pH, temperatura y el oxígeno disuelto. Estos se midieron 2 veces al día (07:00 y 13:00 horas) con el oxigenómetro electrónico (YSI mod. I.57) y el medidor de pH. marca Hatch. Estos parámetros se midieron en cada una de las piletas.

4.15- Parámetros Biológicos

4.15.1- Muestreos de alevines

En la etapa de reversión de sexo de esta investigación, se realizaron muestreos cada 14 días, y en la etapa de levantamiento de alevines cada 15 días. Los peces fueron pesados utilizando una balanza semi-analítica portátil marca OHAUS, modelo L2000. Con los datos de los mismos se hizo un análisis para calcular los siguientes parámetros biológicos (Gunther 1998)

4.15.2- Tasa específica de crecimiento:

TEC = [(Ln Pf – Ln Pi)/d] * 100. Donde:

TEC = Tasa específica de crecimiento (porcentaje del peso corporal por día)

Ln = Logaritmo natural.

Pf = peso promedio final.

Pi = Peso promedio inicial.

D = número de días del período.

4.15.3- Factor de conversión alimenticia:

FCA = A / (Bf – Bi). Donde:

FCA = gramos de pez producido por gramos de alimento consumido.

A = Alimento consumido.

Bf = Biomasa final.

Bi = Biomasa inicial.

4.15.4- Tasa de crecimiento real:

TCR = (Pf – Pi) / d

Donde:

TCR = Tasa de crecimiento real: (crecimiento en gramos por día por individuo).

Pf = Peso promedio final.

Pi = Peso promedio inicial.

D = Días.

4.15.5- Biomasa estimada:

B = Pp * N / 1000

Donde:

B = Biomasa estimada (kilogramos totales).

Pp = Peso promedio.

N = Número de peces estimado.

1000 = para pasar de gramos a kilos.

4.15.6- Sobrevivencia durante el período de investigación:

$S = Ni - M$

Donde:

S = Sobrevivencia.

Ni = número de peces por pileta al inicio.

M = Mortalidad (control de pérdidas y mortalidades en los diferentes muestreos.

4.16- Análisis Estadístico.

Se realizó un análisis de varianza de una vía con un test de ámbito múltiple de Tukey, usando el paquete estadístico AQUA (Günther, 1991) lo anterior para los diferentes parámetros a evaluar (físico-químicos y biológicos)

4.17- Análisis de Costos de producción.

Se realizó un análisis de costos de producción para todo el proceso de reversión de sexo hasta la etapa de final de precría, con un registro de costos para este propósito: (alimento, materiales, hormona, alcohol, y la mano de obra empleada en el proceso). Se utilizó como modelo el empleado en el proceso de reversión de sexo que realizó PRADEPESCA, en la estación Acuícola Enrique Jiménez Núñez en Cañas Guanacaste (Fajardo, et.al. 1995).

El análisis económico de la producción de alevines machos de *Oreochromis niloticus* por reversión de sexo de 1.0 gramo de peso promedio indica que el costo total por alevín es de 0.01 dólar estadounidense (Fajardo, *et. al.* 1995).

V- RESULTADOS.

5.1- Factores físico-químicos del agua

5.1.1 pH

En el cuadro 2 se presenta los valores promedio de pH, para todo el período de investigación (140 días), reflejando valores máximos y mínimos y la diferencia de pH entre los valores de la mañana y de la tarde. Se observó que para el tratamiento de 40 mg de hormona 17 - α - metil testosterona fue de 1.10, para el tratamiento de 50 mg fue de 1.16 y para el tratamiento de 60 mg fue de 1.17 más alto el de la tarde con respecto a la mañana.

En la figura 8 y apéndice 1 se muestra la variación en promedios quincenales (mañana y tarde) las mediciones de pH para los tres tratamientos, para todo el período de investigación.

Se realizó un análisis de varianza multifactorial a los promedios quincenales de pH con base en el tiempo de investigación y hora del día, **no** encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos **(p = 0.973670)**, ni tampoco se encontró diferencias significativas entre los promedios de los tratamientos en la mañana **(p = 0.992410)**, ni entre los promedios de los tratamientos en la tarde **(p = 0.949690)**

CUADRO 2. Valor de pH promedio en el agua, valor máximo, valor mínimo durante la mañana y la tarde para cada tratamiento, en la reversión de sexo y precría de alevines de tilapia nilótica, en piletas de cemento, en la Estación Acuícola Los Diamantes, La Rita de Guápiles de Julio a Diciembre del 2003.

VALORES DE pH DEL AGUA .	TRATAMIENTOS		
	40*	50**	60***
pH promedio	7,45 ± 0,04	7,47 ± 0,04	7,48 ± 0,08
Máxima	8.16 ± 0,03	8.18 ± 0,03	8.18 ± 0,04
Mínimo	7.06 ± 0,08	7,02 ± 0,08	7.01 ± 0,03
Diferencia 07:00 y 13:00 horas	1.10	1.16	1,17

***40 mg de hormona 17 α metil testosterona/ Kg alimento**

****50 mg de hormona 17 α metil testosterona/ Kg alimento**

*****60 mg de hormona 17 α metil testosterona/ Kg alimento**

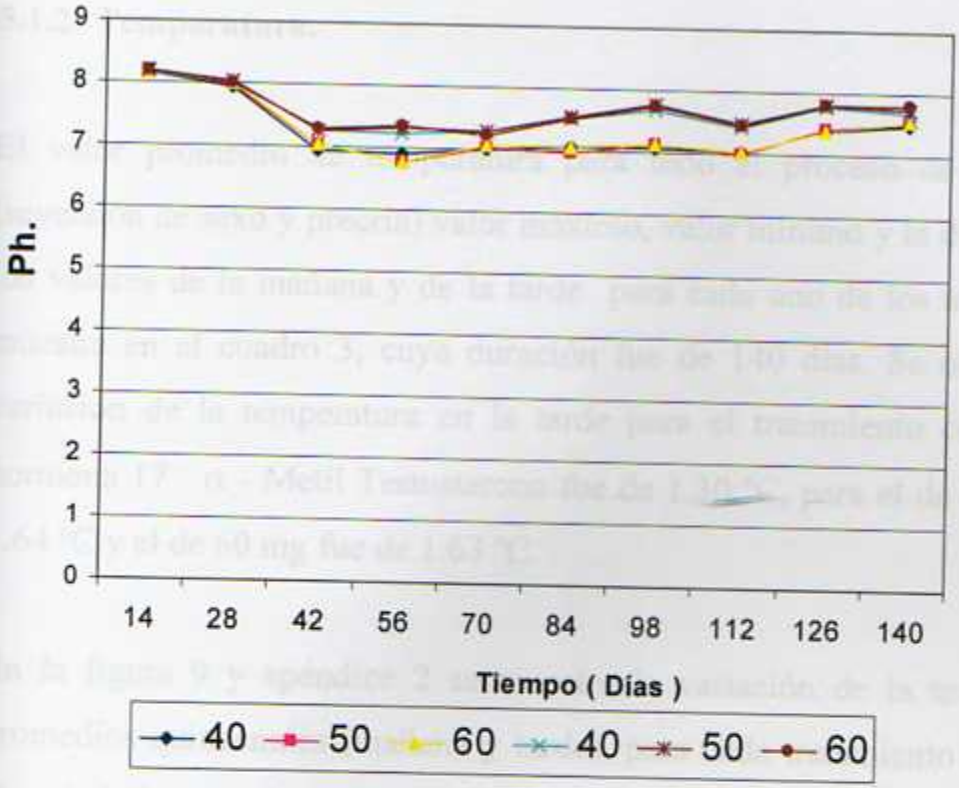


Fig. 8. Variación del pH del agua durante la mañana y la tarde en promedios quincenales para cada tratamiento, durante la evaluación de reversión de sexo y precría de alevines de tilapia *Oreochromis niloticus* de Julio a Diciembre del 2003.

5.1.2- Temperatura.

El valor promedio de temperatura para todo el proceso de investigación (reversión de sexo y precría) valor máximo, valor mínimo y la diferencia entre los valores de la mañana y de la tarde para cada uno de los tratamientos se muestra en el cuadro 3, cuya duración fue de 140 días. Se observa que la variación de la temperatura en la tarde para el tratamiento con 40 mg de hormona 17 - α - Metil Testosterona fue de 1.30 °C, para el de 50 mg fue de 1.64 °C y el de 60 mg fue de 1.63 °C.

En la figura 9 y apéndice 2 se muestra la variación de la temperatura en promedios quincenales (mañana y tarde), para cada tratamiento durante todo el período la investigación.

Un análisis de varianza multifactorial se aplicó a los promedios quincenales de temperatura con base en el tiempo de investigación y hora del día, **no** encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos **(p = 0.902170),** ni tampoco se encontró diferencia significativa entre los promedios de los tratamientos en la mañana **(p = 0.780260),** ni entre los promedios de los tratamientos en la tarde **(p = 0.959600).**

Cuadro 3. Valores de temperatura promedio en el agua, máximo, y mínimo, para cada tratamiento durante la investigación sobre reversión de sexo y precría de alevines de tilapia nilótica, en la Estación Acuícola Los Diamantes, La Rita de Guápiles, de Julio - Diciembre 2003.

VALORES DE TEMPERATURA DEL AGUA	TRATAMIENTOS		
	40*	50**	60***
Temperatura promedio °C	25,79 ± 0,07	25,79 ± 0,05	25,90 ± 0,04
Máxima °C	26.60 ± 0,01	26.62 ± 0,02	26.61 ± 0,05
Mínimo °C	24,99 ± 0,04	24.98 ± 0,03	24,98 ± 0,02
Diferencia 07:00 y 13:00 horas °C	1.30	1.64	1.63

***40 mg de hormona 17 α metil testosterona/ Kg alimento**

****50 mg de hormona 17 α metil testosterona/ Kg alimento**

*****60 mg de hormona 17 α metil testosterona/ Kg alimento**

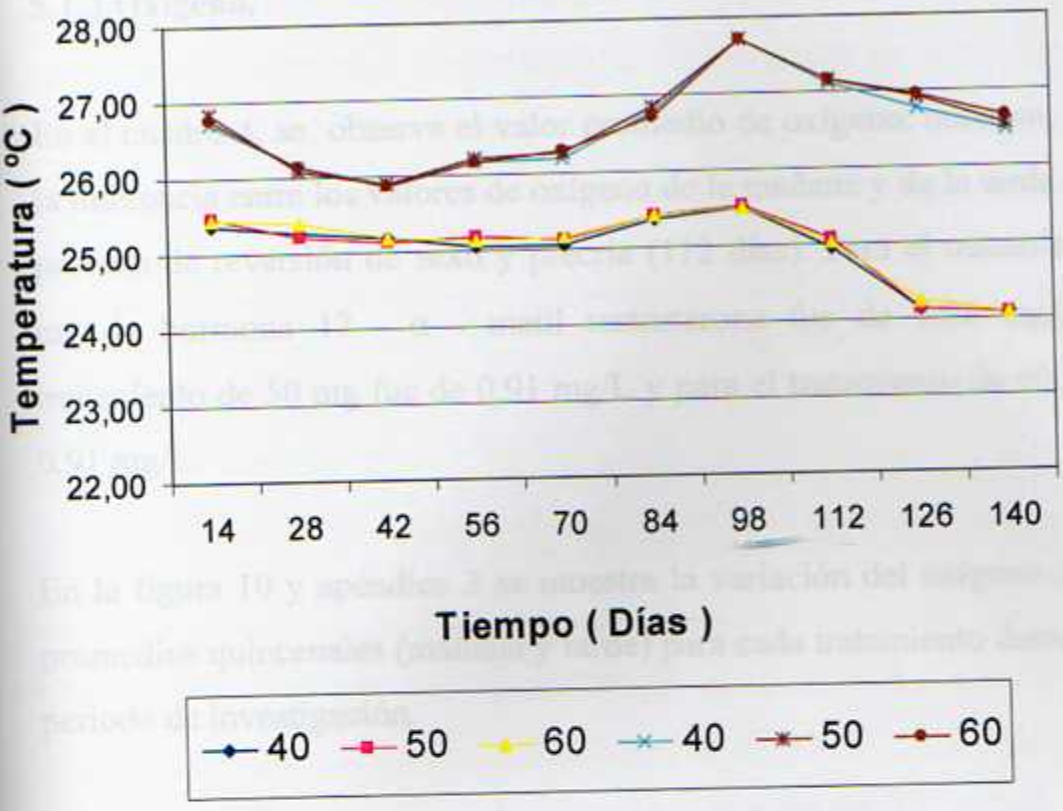


Fig. 9. Variación de los valores de temperatura del agua en la mañana y en la tarde, en promedios quincenales para cada tratamiento, durante la reversión de sexo y precría de alevines de tilapia *Oreochromis niloticus* de Julio a Diciembre del 2003.

5.1.3 Oxígeno.

En el cuadro 4, se observa el valor promedio de oxígeno, máximo, mínimo y la diferencia entre los valores de oxígeno de la mañana y de la tarde durante el proceso de reversión de sexo y precría (112 días). Para el tratamiento de 40 mg de hormona 17 - α - metil testosterona fue de 0.95 mg/L para el tratamiento de 50 mg fue de 0.91 mg/L y para el tratamiento de 60 mg fue de 0.91 mg/L.

En la figura 10 y apéndice 3 se muestra la variación del oxígeno disuelto en promedios quincenales (mañana y tarde) para cada tratamiento durante todo el período de investigación.

Se realizó un análisis de varianza multifactorial a los promedios quincenales de oxígeno disuelto en el agua, con base en tiempo de cultivo y hora del día, **no** se encontró diferencias significativas entre los tratamientos **(p = 0.881590)** ni tampoco se encontró diferencias significativas entre los promedios de los tratamientos en la mañana **(p = 0.916130),** ni entre los promedios de los tratamientos en la tarde **(p = 0.885500).**

Cuadro 4. Valores promedio, máximo y mínimo de oxígeno disuelto en el agua (mg/L), para cada tratamiento en la reversión de sexo y precría de alevines de tilapia nilótica *Oreochromis niloticus,* en la Estación Acuícola Los Diamantes en la Rita de Guápiles, de Julio 2003 a Diciembre del 2003

VALORES DE OXÍGENO DISUELTO EN EL AGUA	TRATAMIENTOS		
	40*	50**	60***
Oxígeno promedio (mg/l)	7,09 ± 0,09	7,15 ± 0,04	7,15 ± 0,04
Máxima (mg/l)	7,53 ± 0,01	7,56 ± 0,02	7,56 ± 0,02
Mínimo (mg/l)	6,58 ± 0,06	6,65 ± 0,05	6,65 ± 0,05
Diferencia 07:00 y 13:00 horas (mg/l)	0.95	0.91	0.91

***40 mg de hormona 17 α metil testosterona/ Kg alimento**

****50 mg de hormona 17 α metil testosterona/ Kg alimento**

*****60 mg de hormona 17 α metil testosterona/ Kg alimento**

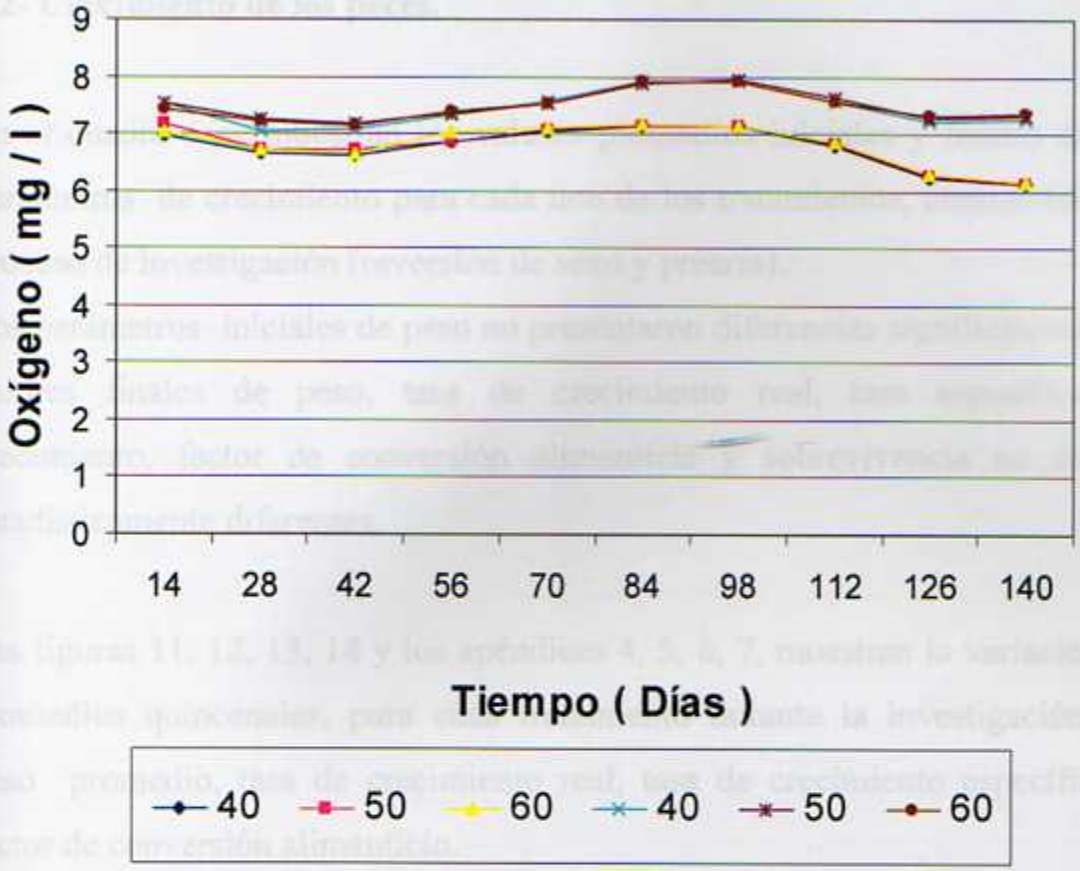


Fig. 10. Variación de la concentración de oxígeno disuelto en promedios quincenales, para cada tratamiento, durante la evaluación sobre reversión de sexo y precría en alevines de tilapia nilótica de Julio a Diciembre del 2003.

5.2- Crecimiento de los peces.

En el cuadro 5 se muestran los valores promedios iniciales y finales de los parámetros de crecimiento para cada uno de los tratamientos, durante todo el proceso de investigación (reversión de sexo y precría).

Los parámetros iniciales de peso no presentaron diferencias significativas, los valores finales de peso, tasa de crecimiento real, tasa específica de crecimiento, factor de conversión alimenticia y sobrevivencia no fueron estadísticamente diferentes.

Las figuras 11, 12, 13, 14 y los apéndices 4, 5, 6, 7, muestran la variación en promedios quincenales, para cada tratamiento durante la investigación, de peso promedio, tasa de crecimiento real, tasa de crecimiento específico y factor de conversión alimenticio.

Se realizó un análisis de varianza multifactorial a los promedios finales de peso en la reversión de sexo, **no** se encontró diferencia significativa entre los tratamientos **(p = 0298420)**, tampoco hubo diferencia significativa entre tratamientos al final de la investigación en: peso promedio (**p = 0.140020**), tasa de crecimiento real (**p = 0.562490**), tasa específica de crecimiento (**p = 0.741740**), factor de conversión alimenticio (**p = 0.758540**) y sobrevivencia (**p = 0.323920**).

Cuadro 5. Valores promedio de peso, tasa de crecimiento real, tasa de crecimiento específico, factor de conversión, y porcentaje de sobrevivencia total para cada tratamiento y para todo el período de cultivo, durante la investigación sobre reversión de sexo y precría de alevines de tilapia *Oreochromis niloticus* en piletas de cemento, realizada en la Estación Acuícola Los Diamantes, en La Rita de Guápiles de Julio a Diciembre del 2003.

PARÁMETROS	TRATAMIENTOS		
	40 *	50 **	60 ***
Peso inicial (g)	0,10	0,10	0,10
Peso finales (g)	29,54	28,85	23,76
T.C.R. (g / día)	0,25	0,29	0,22
T.E.C. (% PC/ día)	1.51	1,90	1,88
F.C.A. (g / g.)	2,01	1,66	1.94
% de sobrevivencia	75.83	75.22	76.89

***40 mg de hormona 17 -α - metil testosterona/ Kg alimento**

****50 mg de hormona 17 - α - metil testosterona/ Kg alimento**

*****60 mg de hormona 17 - α - metil testosterona/ Kg alimento**

Análisis de varianza con prueba de Tukey al 0.05 %.

En el cuadro 6 de resumen de resultados por fase de cultivo se puede observar que para los tres tratamientos (40, 50 y 60 mg de hormona) donde se obtuvo un mayor crecimiento específico en el proceso de reversión de sexo y luego disminuyó en el proceso de precría.

La tasa de crecimiento real mostró un comportamiento diferente a la tasa de crecimiento específico, la cual fue menor en el proceso de reversión, aumentando la ganancia en gramos en días por pez hacia la fase de precría (Fig. 12 y 13).

5.3- Sobrevivencia.

El cuadro 6 y figura 15 muestran los porcentaje de sobrevivencia en el proceso de reversión de sexo con una duración de 28 días: para el tratamiento de 40 mg. de hormona 17 - α - metil testosterona fue de 86.90 %, de 50 mg. de hormona 75.44 % y para el tratamiento de 60 mg. de hormona 79.06 %. En la fase de Precría con un tiempo de desarrollo de 112 días, disminuyó la sobrevivencia, en el tratamiento de 40 mg. de hormona 64.86 % , para el tratamiento de 50 mg. de hormona 75.0 % y para el tratamiento de 60 mg. de hormona fue 74.72 %.

Cuadro 6. Resumen de los parámetros biológicos por tratamiento, durante la investigación sobre reversión de sexo y precría con alevines de tilapia nilótica, en estanques de cemento, realizada en la Estación Acuícola Los Diamantes, en el Caserío El Prado de la Rita de Guápiles de Pococí de Julio a Diciembre del 2003.

ROCESO	REVERSIÓN			PRECRÍA		
ATAMIENTO / RÁMETROS	40 *	50 **	60 ***	40*	50 **	60 ***
evines mbrados	7200	7200	7200	720	720	720
so (Px) embra ramos)	0,10	0,10	0,10	1,10 ± 0,03	1,08 ± 0,01	1,17 ± 0,12
ces sechados	6250 ± 0,76	5432 ± 0,92	5692 ± 2,23	467 ± 0,17	540 ± 0,16	538 ± 0,27
so (Px) secha ramos)	1,10 ± 0,03	1,08 ± 0,01	1,17 ± 0,12	29,54 ± 3	28,85 ± 4,1	23,76 ± 3,62
masa al (kg)	6,875 ± 0,11	5,867 ± 0,08	6,730 ± 0,50	13,7 ± 0,17	16,01 ± 0,43	12,63 ± 0,40
sa de Crec pecífico	2,2 ± 0,16	2,85 ± 0,43	2,92 ± 0,93	0,82 ± 0,18	0,95 ± 0,08	0,85 ± 0,26
sa de Crec al	0,04 ± 0,001	0,05 ± 0,005	0,05 ± 0,006	0,47 ± 0,12	0,54 ± 0,15	0,39 ± 0,14
ctor de nversión	1,84 ± 0,21	1,41 ± 0,13	1,49 ± 0,58	2,19 ± 0,58	1,92 ± 0,62	2,39 ± 1,02
de previvencia	86,8 ± 3,18	75,44 ± 3,82	79,06 ± 9,29	64,86 ± 6,99	75 ± 6,71	74,72 ± 11,19
as de ltivo	28			112		

40 mg de hormona 17 - α - metil testosterona/ Kg alimento

50 mg de hormona 17 - α - metil testosterona/ Kg alimento

60 mg de hormona 17 - α - metil testosterona/ Kg alimento

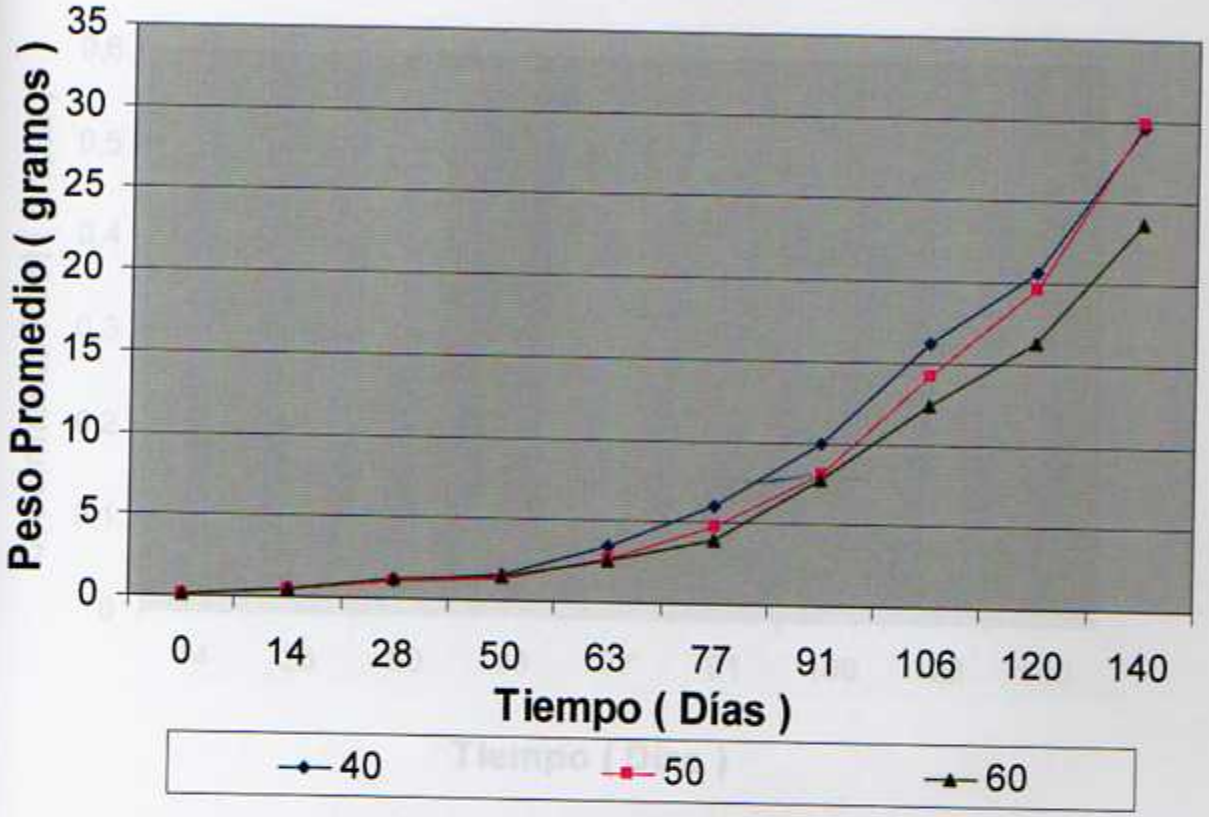


Fig. 11. Variación del peso promedio por tratamiento en promedios quincenales, durante el período de investigación, "Reversión de sexo y precría"en alevines de tilapia nilótica, de Julio a Diciembre del 2003.

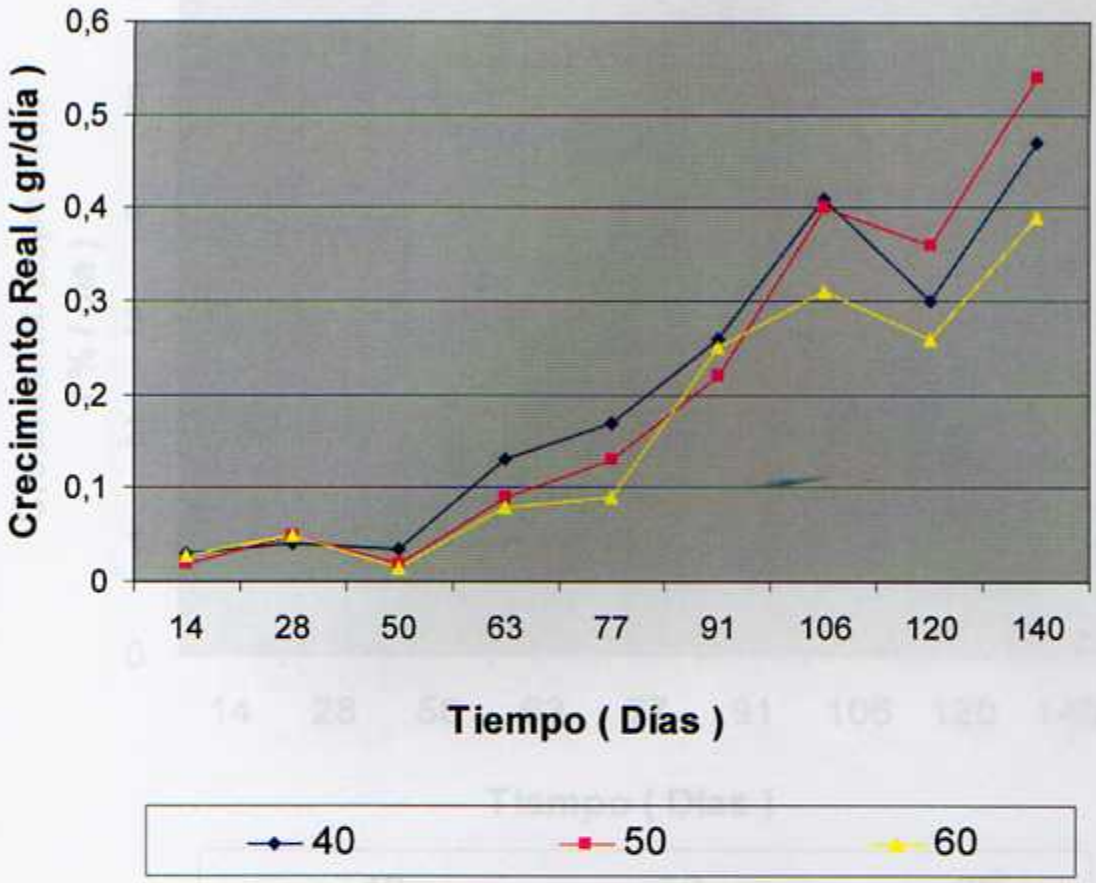


Fig. 12. Variación de los valores en la tasa de crecimiento real por día en promedios quincenales para cada tratamiento, durante la investigación "Reversión de sexo y precría" en alevines de tilapia nilótica, de Julio a Diciembre del 2003.

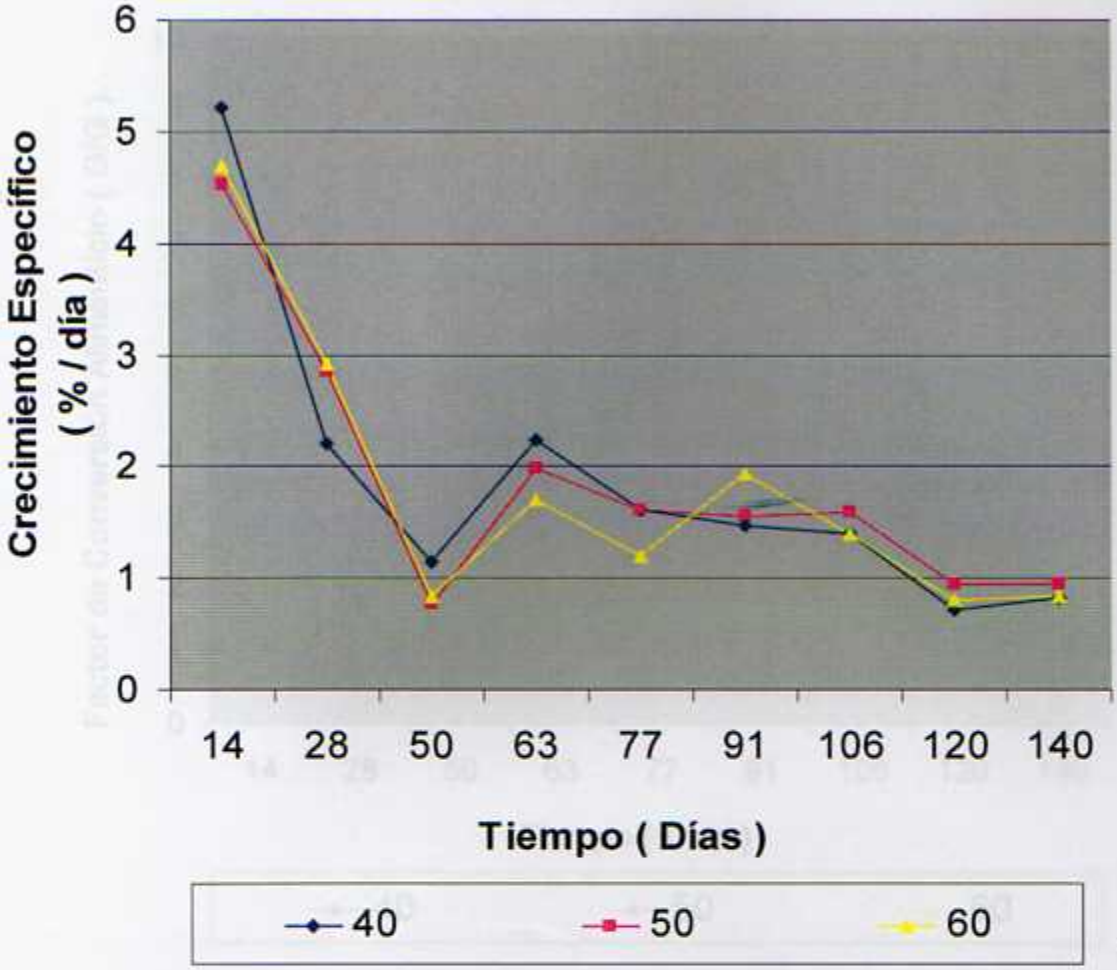


Fig. 13. Tasa de Crecimiento Específico por día y en promedios quincenales, para cada tratamiento, durante la investigación "Reversión de sexo y precría" en alevines de tilapia nilótica, de Julio a Diciembre del 2003.

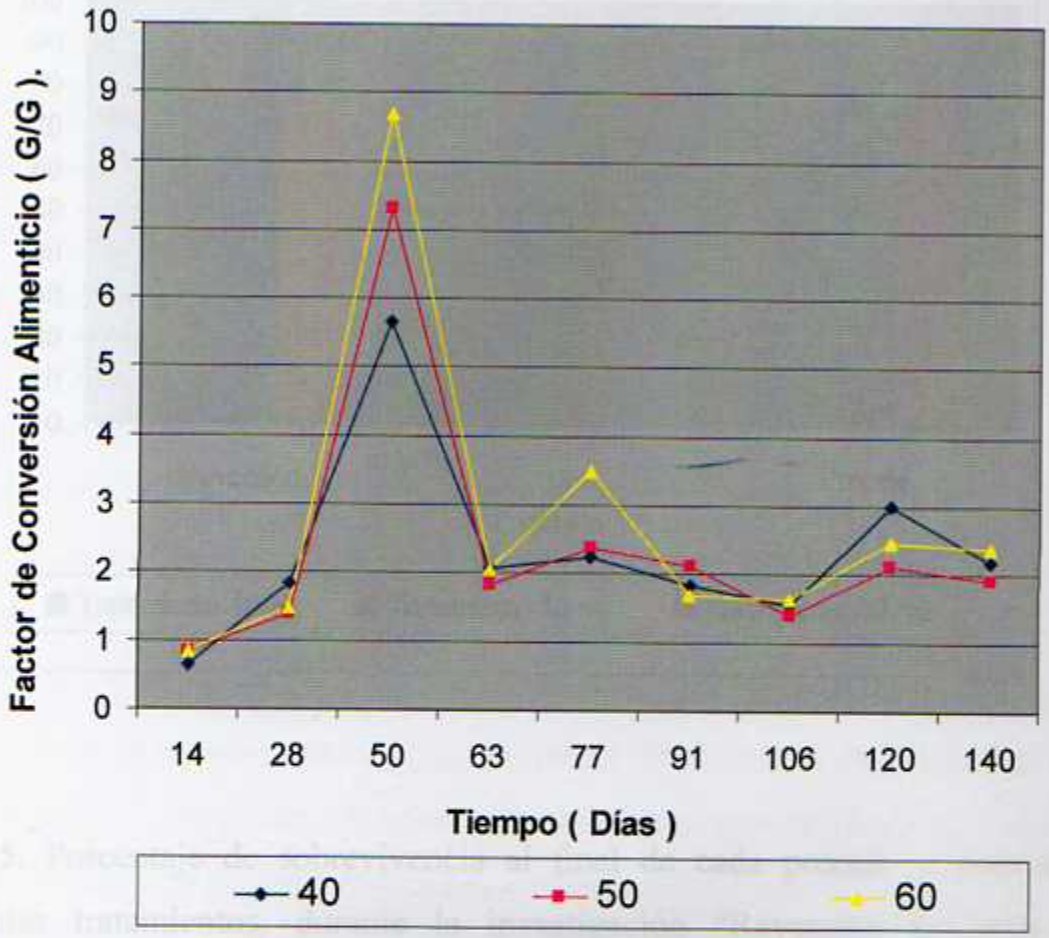


Fig. 14. Factor de Conversión alimenticio acumulado en promedios quincenales para cada tratamiento, durante la investigación "Reversión de sexo y precría" en alevines de tilapia nilótica, de Julio a Diciembre del 2003.

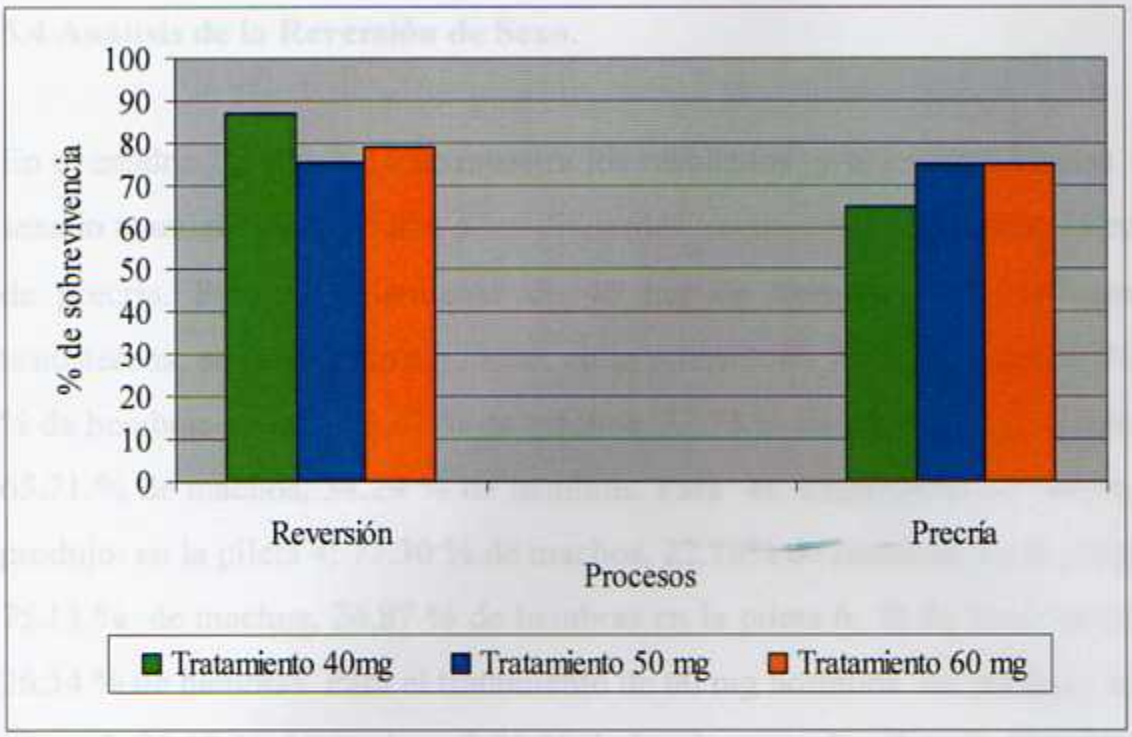


Fig. 15. Porcentaje de sobrevivencia al final de cada proceso y para los diferentes tratamientos, durante la investigación "Reversión de sexo y precría"en alevines de tilapia nilótica, de Julio a Diciembre del 2003.

5.4 Análisis de la Reversión de Sexo.

En el cuadro 7 y figura 16 se muestra los resultados y promedios finales del sexado manual que se realizó a los diferentes tratamientos al terminar la etapa de precría. Para el tratamiento de 40 mg de hormona 17 - α - metil testosterona, se produjo lo siguiente: en la pileta 1: 68.28 % de machos, 31.72 % de hembras en la 2: 66.67 % de machos, 33.33 % de hembras en la pileta 3: 65.71 % de machos, 34.29 % de hembras. Para el tratamiento de 50 mg se produjo: en la pileta 4: 77.30 % de machos, 22.70% de hembras, en la pileta 5: 75.13 % de machos, 24.87 % de hembras en la pileta 6, 73.46 % de machos, 26.54 % de hembras. Para el tratamiento de 60 mg hormona se produjo: en la pileta 7: 96.19 % de machos, 3.81 % de hembras, en la pileta 9: 97.50 % de machos, 2.50 % de hembras y para la pileta 10: 97.02 % de machos, 2.98 % de hembras. Se puede observar en este cuadro que la pileta de control produjo 50.56 % de hembras y 49.44 % de machos.

Del total de hembras resultantes en cada uno de los tratamientos se sacrificó el 5 % para examinar sus gónadas y determinar con exactitud su sexo, el resultado fue que todas estas tilapias resultaron ser hembras con sus ovarios bien definidos.

Los datos finales del proceso de sexado para determinar el porcentaje de reversión de sexo en cada uno de los tratamientos resultaron ser estadísticamente diferentes ($p = 0.000050$) para machos y para hembras ($p = 0.000250$).

Cuadro 7. Resultados finales del proceso de reversión de sexo y precría en el sexado manual, donde se muestra el número y porcentaje de machos y hembras producidos en cada una de las piletas de cada tratamiento en la investigación, de Julio a Diciembre del 2003

Piletas o Repetición	Tratamientos	Número de hembras	Porcentaje de hembras	Número de machos	Porcentaje de machos
1	40 mg	46	31.72	99	68.28
2	40 mg	49	33.33	98	66.67
3	40 mg	60	34.29	115	65.71
4	50 mg	42	22.70	143	77.30
5	50 mg	48	24.87	145	75.13
6	50 mg	43	26.54	119	73.46
7	60 mg	8	3.81	202	96.19
8	60 mg	4	2.50	156	97.50
9	60 mg	5	2.98	163	97.02
12	Control	91	50.56	89	49.44

40 mg de hormona 17 - α - metil testosterona/ Kg alimento

50 mg de hormona 17 - α - metil testosterona/ Kg alimento

60 mg de hormona 17 - α - metil testosterona/ Kg alimento

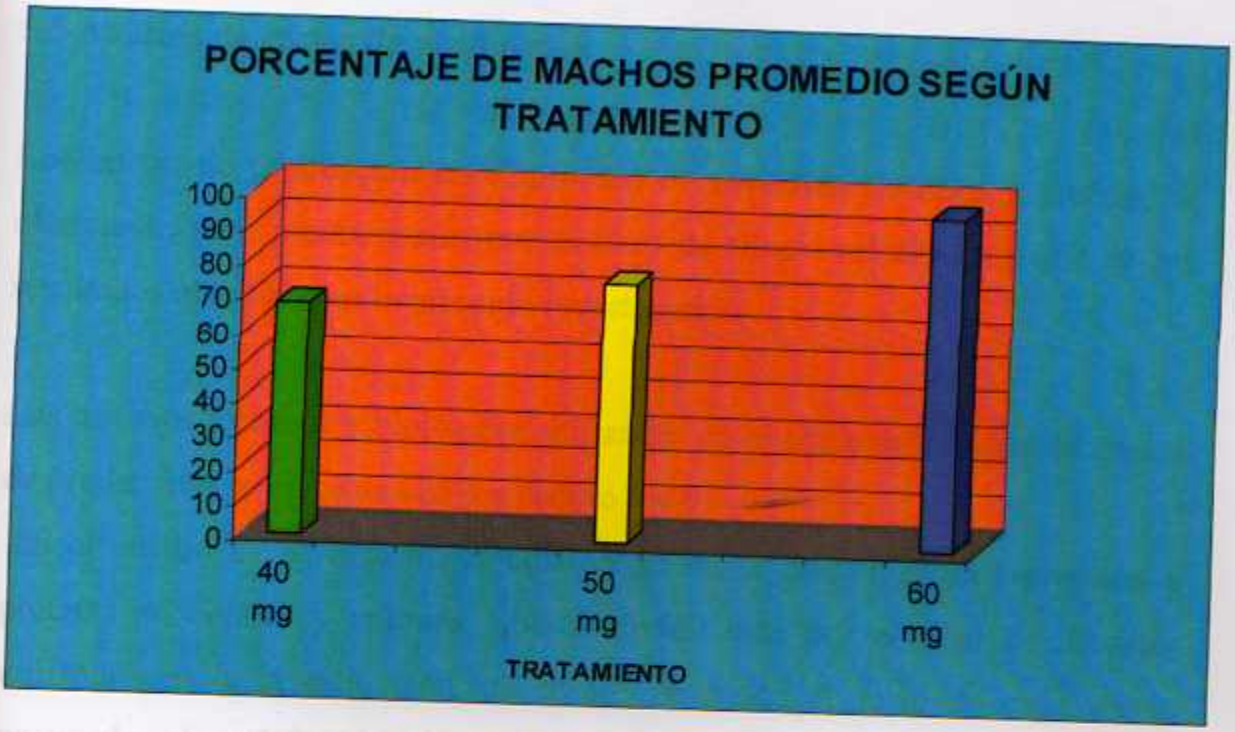


Fig. 16. Porcentaje de machos obtenidos en la prueba de progenie, mediante el análisis de la papila urogenital, para cada tratamiento, al final de la investigación "Reversión de sexo y precría en alevines de tilapia nilótica", de Julio a Diciembre del 2003".

5.5 Análisis de costos de producción.

Los costos de producción en el proceso de reversión de sexo y precría, se obtuvieron para producir alevines machos de tilapia nilótica, a partir de los resultados obtenidos en la presente investigación.

Los criterios técnicos y biológicos utilizados en el presente análisis de costos de producción se presentan en los cuadro 8 y 9.

En el cuadro 8 se muestra el costo total de la investigación (reversión y precría) en dólares y colones, que al dividir este por el total de alevines utilizados en la investigación, da como resultado el costo de cada alevín reversado, el cual fue de $0.10. El cuadro 9 muestra el costo total en el proceso de reversión (colones o dólares) y al dividir este por el total de alevines utilizados en este proceso, da como resultado el costo de producir un alevín para la venta, la que se realiza inmediatamente después de finalizar el proceso de reversión, este costo fue de $0.08

El Banco Central de Costa Rica (2003) informa que para el segundo semestre del 2003 el dólar alcanzó un promedio de 409.19 colones, por lo que haciendo las conversiones se obtiene el costo respectivo en colones.

CUADRO 8. Criterios utilizados en el análisis de costos de producción de alevines machos de tilapia *Oreochromis niloticus* por reversión de sexo hasta la etapa de precría, en la Estación Acuícola Los Diamantes, en el Caserío el Prado de La Rita de Guápiles (Pococí) de Julio a Diciembre del 2003.

Costos : Variables	Cantidad: Kg Litros, horas y alevines	Costos en colones ¢	Costos en dólares $
Alimento para reproductores 30% de proteína (Kg.)	36.61	6589.80	16.10
Alimento en polvo sin Tamizar 40% de proteína	91.024	13453.30	32.88
Alimento tamizado (polvo) 40% de proteína (Kg.)	23,587	3487	8.52
Alcohol etílico de 95° de pureza (litros)	11.793	2276	5.56
Hormona sintética 17 –α- Metil Testosterona (g)	1.415	2606.50	6.37
Reproductores	150	175500	429
Mano de obra misceláneos			
Cosecha y separación de Reproductores (horas)	8	6166	15.07
Siembra de reproductores (horas)	4	3083	7.53
Captura , siembra y conteo de alevines (horas)	4	3083	7.53
Número de alevines sembrados	24000	504000	1231.70
Alimentación de alevines (horas)	97.33	75017.1	183.33
Limpieza de piletas (horas)	27.5	21196	51.80
Muestreos totales (Horas)	20	15415.0	37.67
Cosecha de alevines reversados (horas)	5	3854	9.42
Conteo y siembra de alevines para precría (horas)	2.5	1927	4.71
Cosecha y sexado manual de alevines de precría	6.67	5141	12.56
Mano de obra profesional	65	117000	285.93
SUBTOTAL		959794.70	2345.60
Imprevistos 5%		47989.73	117.28
Costo total		1007784.43	2462.88

CUADRO 9. Criterios utilizados en el análisis costos de producción, de alevines machos de tilapia *Oreochromis niloticus* hasta la etapa de reversión de sexo, en la Estación Acuícola los Diamantes, en el caserío el Prado de La Rita de Guápiles (Pococí) de Julio a Diciembre del 2003.

Costos : Variables	Cantidad: Kg Litros horas y alevines	Costos en colones ¢	Costos en dólares $
Alimento para reproductores 30% de proteína (Kg.)	36,61	6589.80	16.10
Alimento tamizado (polvo) 40% de proteína (Kg.)	23,587	3487	8.52
Alcohol etílico de 95° de pureza (litros)	11.793	2276	5.56
Hormona sintética 17 –α- Metil Testosterona (g)	1.415	2606.50	6.37
Reproductores	150	175500	429
Mano de obra misceláneos :			
Cosecha y separación de Reproductores (horas):	8	6166	15.07
Siembra de reproductores (horas)	4	3083	7.53
Captura , siembra y conteo de alevines (horas)	4	3083	7.53
Número de alevines sembrados:	24000	504000	1231.70
Alimentación de alevines (horas) :	23.33	17982	43.94
Limpieza de piletas (horas) :	10	7707.50	18.83
Muestreos totales (Horas) :	2.5	1927	4.71
Cosecha de alevines reversados (horas) :	5	3854	9.42
Mano de obra profesional	23.5	42300	103.37
SUBTOTAL		780562.00	1907.58
Imprevistos 5%		39028.10	95.38
TOTAL:		819590.10	2002.96

Precio promedio del dólar a finales del segundo semestre del 2003 ¢409.19

Fuente: Banco Central de Costa Rica.

5.6 Financiamiento.

El INCOPESCA como parte de sus programas de investigación, aportó la infraestructura necesaria (oficinas, estanques, piletas), materiales (hormona, concentrado, alcohol) así como el material biológico utilizado (reproductores y alevines) y la mano de obra.

VI – DISCUSIÓN.

6-1 Factores físicos y químicos.

6.1.1 pH del agua

En la presente investigación se obtuvo un ámbito de pH del agua para reversión y crecimiento de alevines de tilapia nilótica de 6.77 a 8.2.

Según Stoas (1993), Boyd (1982) y Piper *et al* (1986) recomiendan que para un buen crecimiento del pez, el pH del agua debe de estar entre un ámbito de 6.5 a 9.0. Otárola (2002) obtuvo para el crecimiento de tilapia un rango de 6.7 y 7.9, Phelps & Popma (2000) reportan que la literatura no sugiere que la eficacia de reversión, se afecte por la acidez o alcalinidad del agua.

6.1.2 Temperatura del agua

El valor promedio de temperatura para todo el proceso de investigación, así como los valores de temperatura mínima y la máxima se mantuvo siempre dentro del ámbito óptimo de crecimiento (24.08 a 27.72). Soto (1998) informa que la tilapia crece en un ámbito de 25 °C a 29.8 °C. Ikenque & Kafufa (1992) informan que la tilapia crece en un amplio ámbito de temperatura excepto a temperaturas menores de 18 °C. Investigadores como Balarin & Haller (1983), Nash & Novotney (1995) señalan un ámbito para el crecimiento de la tilapia entre 22 °C y 29 °C. Phelps & Popma (2000) informan que la temperatura para reversar alevines de tilapia se encuentran entre 26 y 28 °C y temperaturas menor de 24 °C, reducen significativamente el

crecimiento y puede resultar que algún pez no complete la diferenciación gonadal.

Las temperaturas mínimas en las que se obtuvo reversión de sexo, son más bajas que las informadas anteriormente, debido a que se trabajó con recambios de un 5 % de agua al día, además de que durante muchos días las mañanas fueron soleadas y las tardes oscuras con lluvia induciendo temperaturas bajas.

6.1.3 Oxígeno disuelto en el agua

Asimismo, la concentración de oxígeno disuelto siempre fue mayor que el mínimo requerido para el cultivo de tilapia; éste se encontró en un ámbito entre 6.14 a 7.56 mg / L, esto se vio favorecido por los recambios periódicos de agua que se realizaron durante toda la investigación, lo que hizo posible que los peces se pudieran alimentar sin estrés alguno, colaborando en gran medida para que el proceso de reversión se llevara a cabo.

Los valores de oxígeno promedio disuelto en el agua obtenidos por Coche (1982) fueron superiores a 6 mg/L y por encima del mínimo requerido para el cultivo de tilapia. Otárola (2002) informa un ámbito de oxígeno disuelto entre 3.15 y 6.95 mg/L, ideales para obtener buenos índices de crecimiento.

Phelps & Popma (2000) informan que "la concentración de oxígeno disuelto en el agua podría permanecer cerca de 4 mg/L para asegurar una fuerte respuesta a la alimentación, por lo tanto buenos resultados en la reversión, las crías tolerarían niveles más bajos pero se estresarían más y serían susceptibles a enfermedades".

6.2 Crecimiento de peces.

Durante todo el período de investigación en la etapa de reversión de sexo (28 días) el tratamiento de 60 mg de hormona fue la que tuvo los alevines de mayor crecimiento, con un peso promedio de 1.17g. Phelps & Cerezo (1992) informan que crías de *Oreochromis niloticus* en tanques externos alcanzaron pesos promedios de 1.86 gramos al final de los 28 días del proceso de reversión, con 60 mg de hormona 17 – α – metil testosterona.

Para el proceso de reversión de sexo y para cada uno de los tratamientos se utilizaron 7200 alevines de 11 mm de tamaño promedio y con un peso promedio de 0.10 gramos de peso promedio, peso y tamaños óptimos para este proceso, donde sus gónadas se encuentran indiferenciadas, el tratamiento con 60 mg fue el que produjo los mejores resultados en la obtención de machos de tilapia. Nakamura & Iwahashi (1973) informan que el tratamiento hormonal debe comenzar antes de la diferenciación gonadal y continuar hasta que esta esté completa. Shelton *et. al.* (1978), recomiendan que para comenzar el tratamiento hormonal, el uso de crías de 9 a 11 milímetros es válido, pero que peces más grandes también son susceptibles a la reversión de sexo.

Según Hioth & Phelps, (1993) los porcentajes más altos de machos que obtuvieron con alevines de 11 mm fue de un 95.7 %.

Nakamura & Iwashashi (1982) encontraron que crías de *Oreochromis niloticus* de 10.5 mm. y con una dieta de 50 mg. de hormona 17 - ∝ - metil testosterona por kilogramo de alimento durante 30 días de tratamiento,

obtuvieron 100 % de machos; con tamaños de 12.7 mm 98% de machos y de 15.9 mm produjo 70.2 % de machos.

Los otros indicadores de crecimiento que se utilizaron como lo son la tasa de crecimiento específica (TEC), la tasa de crecimiento real (TCR) y el factor de conversión alimenticio (FCA) para todo el período de investigación, no presentaron diferencias significativas entre cada uno de estos indicadores y entre tratamientos (ver cuadro 4 y 5).

La literatura revisada no ofreció información sobre los indicadores de crecimiento ya mencionados, para poderlos comparar con los resultados obtenidos en esta investigación.

6.3 Sobrevivencia de peces.

Los resultados de sobrevivencia para ambos procesos (reversión y precría) se pueden observar en el cuadro número 6. Utilizando una densidad de siembra de 500 alevines por metro cúbico, los porcentaje de sobrevivencia en la reversión, fueron muy altos comparados con los obtenidos en las investigaciones de la literatura revisada.

Fajardo (1995) reportó sobrevivencia de 60%, Álvarez (com. per. 2003), reportó sobrevivencia en Acuacorporación Internacional S.A. de 73 %.

Según Durán (com. per. 2003), las sobrevivencias en diferentes ensayos en la Estación Acuícola Enrique Jiménez Núñez de Cañas Guanacaste fueron de 60 a 65 %, muy inferiores a las obtenidas en este experimento.

Igualmente Zamora (com. per. 2003), reportó sobrevivencia en la Estación Acuícola los Diamantes Guápiles de 65 %; los valores de sobrevivencia de

los autores arriba mencionados, se obtuvieron empleando una densidad de 500 alevines por metro cúbico y 60 mg de hormona 17 - α – metil testosterona en el proceso de reversión de sexo en alevines de tilapia nilótica. Con alevines de tilapia áurea (Chacón com. per. 2003) reportó sobrevivencias de 70% y Salas (1986) reportó sobrevivencias de 72 % utilizando la misma "densidad con densidades y dosis de hormona".

Popma (1987) informó 40 % de sobrevivencia luego de los 28 días con densidades de 3200 a 4000 alevines con recambios de agua de 5 a 7 %. Cruz & Mair (1994) obtuvieron 70 % de sobrevivencia con una densidad de siembra de 5000 alevines por metro cúbico. En ambos casos la diferencia negativa de % de sobrevivencia con respecto a nuestro ensayo se debe a una mayor densidad de siembra utilizada.

6.4 Etapa de Reversión de Sexo.

La forma de preparación y el tratamiento del concentrado hormonado se encuentra explicada en materiales y métodos. Phelps & Popma (2000) recomiendan que el porcentaje de proteína debe de ser superior a 46 % de proteína con una premezcla completa de vitaminas y minerales, también recomiendan que el tamaño de la partícula debe de ser de 0.42 a 59 mm para la primera semana de alimentación y de un 0.59 a 0.84 mm en la segunda, tercera y cuarta semana respectivamente.

Phelps & Popma (2000) "recomiendan hacer una solución de hormona y alcohol de 95 a 100 % de pureza, se prepara una solución de 6 g/L de alcohol,

de donde se aplica 10 ml/Kg de alimento, para obtener 60 mg de metil testosterona por kilogramo de alimento, este es secado al aire fuera de la luz, luego es guardado en oscuridad y condiciones secas a temperatura ambiente o menor".

Varadaj *et. al.* (1994) informan que cuando la solución o el alimento hormonado fueron expuestos a la luz, la eficacia del tratamiento se redujo significativamente.

Smith (1996) realizó investigaciones con alimento hormonado (60 mg de hormona/ kg. de alimento) y almacenado en la oscuridad a 4 °C y a temperatura ambiente de 28 °C, antes de ser alimentados los alevines, obteniéndose poblaciones mayores de 98 % de machos. Un análisis posterior del alimento, reportó que a 4 °C dio como resultado 60.4 mg de y a temperatura ambiente de 28 °C de 54.8 mg de hormona respectivamente.

La efectividad de la dosis para reversión de sexo, depende de la cantidad diaria de alimento consumido. Phelps & Popma (2000) informan que una dosis de 30 a 60 mg de M. T. por kilogramo de alimento, a un 20 % del peso corporal, el resultado sería un tratamiento exitoso.

Guerrero & Guerrero (1988); Popma & Green (1990), consideran que el método más eficaz y económico, para obtener una población casi de totalidad de machos, es con la aplicación de la hormona 17 – α – metil testosterona.

Aunque en esta investigación se alimentaron los peces cada hora por 28 días y cambiándose la dosis a los 14 días se obtuvieron resultados satisfactorios, Bocek *et. al.* (1992) obtuvieron mejores resultados con aplicación de alimento 4 veces al día.

En la presente investigación se aplicó la dosis de alimento en formas manual de las 07:00 a las 17:00 horas, asegurando que cada pez recibiera la dosis adecuada para su reversión. Cuando se usaron comederos automáticos, las tilapias de mayor tamaño, dominaron el área alrededor del comedero, por lo que consumían más alimento, resultando una variedad de tamaños y una pobre reversión de sexo Bocek *et. al.* (1992).

Para determinar la proporción de sexo en esta investigación, se utilizó la prueba de progenie, mediante el análisis de la papila urogenital que se realizó al final del proceso de precría, produciéndose en cada uno de los tratamientos diferentes promedios de porcentajes de machos. Para el tratamiento de 40 mg de hormona se obtuvo un 66.89 %, en el de 50 mg un 75.30 % y en el de 60 mg un 96.90 % de machos, en la pileta de control se produjo un 49.44 % de machos, estos datos se pueden comparar con trabajos en reversión de sexo que se han realizado en las diferentes estaciones acuícolas del INCOPESCA. y en fincas privadas y se pueden observar en apéndice 9. Tayamen & Shelton (1978) informan que produjeron 100 % de machos de *Oreochromis niloticus*, alimentados con 60 mg de hormona por 28 días.

Una vez realizado el análisis de la papila urogenital se sacrificó el 5 % de las hembras, para caracterizar el estado de maduración de las gónadas o detectar algún caso de intersexo. El resultado fue que todas las hembras fenotípicas presentaron sus ovarios bien definidos. La única posibilidad de determinar la

condición intersexo es sacrificando los peces para analizar las gónadas (Phelps & Popma 2000).

6.5 Análisis de Costos de Producción.

Tomando en cuenta los criterios para el análisis de costos de producción de alevines, la investigación realizada: "Efecto de la hormona 17 – α – metil testosterona en diferentes dosis en el proceso de reversión de sexo de alevines de tilapia nilótica", el costo de producción para este investigación, fue de $0.10 (¢41) por alevín, pero para efecto del proceso de reversión, los costos serían de $0.08 (¢32.73) para producir un alevín, este último se calculó debido a que éste se vende casi de inmediato que termina el proceso de reversión de sexo. Fajardo *et. al.* (1995), informa que en una investigación que realizó para PRADEPESCA, logró obtener un costo de producción de $ 0.01 por alevín.

Para el INCOPESCA. el costo de producir un alevín reversado es muy semejante al obtenido en este investigación. Para esta Institución este valor no le es rentable, debido a que el alevín se vendió subsidiado durante el 2003 a $0.051 (¢21) cada uno, obteniendo una pérdida de $0.029 (¢11.73) por alevín, asumiendo esta pérdida para cumplir con su objetivo "Fomentar la actividad acuícola". Al productor independiente le es rentable debido a que ellos se capacitan para realizar esta labor, por lo que no tienen que contratar a un profesional, además de que utiliza mano de obra familiar, para producir ellos un alevín en el 2003 les costó aproximadamente $0.04 (¢16.37), al vender sus alevines machos de tilapia a un precio promedio de $0.046 (¢19) cada uno, obtiene un beneficio por alevín de $0.006 (¢2.45) (José A. Vargas com.

per. 2003). Como se puede observar obtiene un beneficio considerable en sus ventas, pudiendo competir con las estaciones acuícola productoras de alevines del gobierno y con otras fincas privadas dedicadas a la actividad.

6.6 Justificación.

Esta investigación intentó probar dosis igual y menor a 60 mg (40 y 50 mg) de hormona por kilogramo de alimento para bajar la dosis que es aceptada en los exigentes mercados de este producto, como son Estados Unidos y Europa.

Con la utilización de 60 mg de hormona 17 M.T. se demostró que es suficiente y confiable para obtener la reversión de sexo en alevines de tilapia nilótica, en un cultivo normalmente manejable.

La corta duración del tratamiento y el metabolismo rápido del M.T. ayuda a asegurar que el pez se encuentre libre de la hormona antes de que sea consumido, Phelps & Popma, (2000).

V11 - CONCLUSIONES.

- Para la producción de solo alevines machos de tilapia, en este caso la tilapia nilótica, se han utilizado varios tipos de andrógenos en otras investigaciones, (apéndice 10), pero la que se ha utilizado más y de costos más accesibles para el productor es el 17 – α – metil testosterona.

- De las tres dosis utilizada (40, 50 y 60 mg.) de hormona 17 – α – metil testosterona/kilogramo de alimento, la dosis de 60 mg. fue la que dio mejores resultados en la producción de alevines machos de tilapia nilótica.

- El recambio de 5 % de agua resultó ser muy beneficioso debido a que facilita la cantidad de oxígeno suficiente y permite una corriente suave, que no arrastra el alimento hormonado ni hace que el pez consuma mucha energía al alimentarse.

- Los factores físico - químicos del agua incidieron positivamente en el proceso de reversión de sexo y precría de alevines de tilapia *Oreochromis niloticus* al enmarcarse dentro del rango óptimo que se obtuvo a lo largo de la investigación.

- El parámetro biológico "factor de conversión alimenticio" se puede observar en cuadro 6 y se concluye que en el proceso de reversión de sexo es positivo si lo comparamos con el factor de conversión obtenido en el proceso de precría.

- La Estación Acuícola Los Diamantes reúne las condiciones idóneas para la producción de alevines de buena calidad a nivel comercial, debido a que tiene la infraestructura necesaria, la cantidad de agua disponible, el material biológico y el recurso humano para realizar dicha actividad.

V111 - RECOMENDACIONES.

- Aplicar el alimento en tamaños diferentes, según recomiendan Phelps & Popma (2000) y no como se utiliza aquí en Costa Rica con un solo grosor de partícula en el proceso de reversión de sexo.

- Realizar periódica y constantemente evaluaciones de los porcentajes de reversión de sexo, la calidad de la hormona y sobrevivencia, tanto en las estaciones acuícolas del INCOPESCA como las privadas.

- Darle a la hormona el manejo adecuado de acuerdo a los estándares establecidos, protegiéndola de la luz y de las condiciones climáticas tales como la temperatura, humedad y verificar el período de caducidad

- Se recomienda que la cantidad de hormona que se va a utilizar, sea pesada en una balanza analítica, para evitar errores. Además que el empleo de la misma, la solución en alcohol y la preparación del concentrado hormonado, sea realizado únicamente por el biólogo o su asistente especializado de cada estación o finca acuícola, encargados de la producción de alevines.

- Si las piletas donde se realizó la investigación se utilizaran en la producción masiva de alevines reversados, o bien en otras investigaciones, es necesario que sean techadas y protegidas los laterales con malla u otro material, para evitar la depredación y con ello pérdidas importantes de alevines.

I X - BIBLIOGRAFÍA

Balarin, D. & D. Haller. 1983. Commercial Tank Culture of Tilapia. *In:* Proceedings of International Simposium of Tilapia in Aquaculture. Nazareth Israel. Tel Avid University Press. 473-483 pp.

Banco Central de Costa Rica. 2003. Indicador económico monetario financiero. Tipo de cambio dólar Estados Unidos con respecto al colón 9 pp.

Bardach, J. E., J.A. Ryther & W.O. Mac. Learney. 1972. Aquaculture, The Farming and Husbandry of Freshwater and Marine Organisms. Science. Edit. John Wiley & Sons, New York. 868 pp.

Berzak, O. 1992. Informe de la consultoría sobre el cultivo de tilapia. PRADEPESCA. Panamá 47 pp.

Berger, A. & Rothbard, S. 1987. Androgen Induced Sex – Reversal of Red Tilapia Fry Stocked in Cages With in Ponds. Bamidgeh 39 (2 49 – 57 pp.

Berman, Y. 1996. Producción Intensiva de Tilapia en Agua Fluyente. IV Simposio Centroamericano de Acuicultura. Cultivo Sostenible de Camarón y Tilapia. Tegucigalpa, Honduras. 234 pp.

Berman, Y 1997. Producción Intensiva de Tilapia en Agua Fluyente. IV Simposio Centroamericano de Acuicultura. Tegucigalpa, Honduras. 1: 59 – 63 pp.

Bocek, A.J.; R.P. Phelps & T.J. Popma. 1992. Effect of Feeding Frequency on Sex Reversal and Growth of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. Journal of Applied Aquaculture 1: 97-103 pp.

Boyd. C. 1982. Water Quality Management For Fish and Culture. Agriculture experimental station, Auburm, Alabama 10–25 pp.

Bolaños, J. 1979. Estudio preliminar sobre el estudios de tilapia T. Hornorum x T. Mossambicus con gallinaza y triple superfosfato en Costa Rica. Revista Latinoamericana de Acuicultura 2: 22-28 pp.

Buddle, R. 1984. Monosex Tilapia Fry Production. In Iclarm Newsletter. 7(1): 4-6 pp.

Bustamante, A. 1995. Propuesta de Modalidades de Organización y Funcionamiento para una Autogestión Técnica y Económica de la Estación Enrique Jiménez Núñez. Costa Rica PRADEPESCA, Panamá. 26 pp.

Chiu, Liau. 2000. Advanced Aquaculture Development. Taiwan Fisheries Research Institute. Presented at the 3rd International Symposium on "The News Paradigm for Aquaculture. Japan Convention Center, Makuhari Messe, Chiba City, Japan 558 pp.

Coche, A. 1982. Cage Culture of Tilapias. In the Biology and Culture of Tilapias. Editado por Pullin, R. & Lowe – Mc Connell, R ICLARM, 7: 426 pp

Coll, M. 1986. Acuicultura Animal. Segunda Edición. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. 629 pp.

Cruz, E.M. & G.C. Mair. 1994. Conditions for effective androgen sex reversal in *Oreochromis niloticus*. Aquaculture 112: 137-248.

Dambo, W. B. & K.J. Rana. 1992. Effect of Stocking Density on Growth and Survival of *Oreochromis niloticus* fry in the Hatchery. Aquaculture and Fisheries Management 23: 71-80 pp.

Durán, E. 1995. Situación del cultivo de tilapia en Costa Rica. 27-32 pp. En Gálvez, N. *et al* (eds) Primer Simposio Centroamericano sobre cultivo de tilapia. San José, Costa Rica. Convenio ALA/90/09. Pradepesca.

Durán, E. 1995. Validación de *Oreochromis niloticus* en jaulas flotantes en el embalse del Arenal, Guanacaste. Informe final del proyecto al fortalecimiento de la Acuicultura. San José. Costa Rica. Convenio ALA/90/09.Pradepesca.

Durán, E.; C. Soto & O. Fajardo. 1995. Producción de tilapia. Criterios para la selección de especies en acuicultura. Aqua Internacional. 3 (6): 23, 24 pp.

Durán, E.; C. Soto & O. Fajardo. 1995. Módulo de Producción en el Cultivo Intensivo de Tilapia (*Oreochromis nilóticos*) en Estanque de la Estación Acuícola Enrique Jiménez Núñez. pp. 131 – 138. : *En* Gálvez, N. Et al (eds). Primer Simposio Centroamericano sobre el Cultivo de Tilapia. San José, Costa Rica. Convenio ALA/ 90/09. PRADEPESCA. Costa Rica. 180 pp.

Durán, E. 1998. Validación de un modelo de producción intensiva de tilapia en estanques de tierra. Tesis de Licenciatura U.N.A., Heredia. Costa Rica. 48 pp

Estación Meteorológica CORBANA La Rita. 2003

Fajardo, O., C. Soto & E. Durán. 1995. Reversión de Sexo en Tilapia *O. niloticos* en la Estación Acuícola Enrique Jiménez Núñez. pp. 102 – 105. *En*: Gálvez, N. et al (eds). Primer Simposio Centroamericano sobre Cultivo de Tilapia. San José, Costa Rica. Convenio ALA/ 90/09. PRADEPESCA. Costa Rica. 180 pp.

F.A.O. 1992. Examen de la Situación de los Recursos Pesqueros Mundiales. Segunda Parte. Pesca Continental y Acuícola, Circular de Prensa, N°. 710, Revisión. Roma. Italia. 8: 28 pp.

F.A.O. 1995. El Estado mundial de la Pesca y la Acuicultura. Ediciones F.A.O.: Roma. Italia. 13, 14 pp.

F.A.O. 1997. Aquaculture Development Technical. Guidelines for Responsible Fisheries N°. 5. Rome, Italy. 40 pp.

F.A.O. 1997. List of Animal Species Used in Aquaculture. Fisheries Circular N°. 914. Rome, Italy. 30 pp.

F.A.O. 2000. How appropriate are currently available biotechnologies for the fishery sector in developing countries? Electronic forum on biotechnology in food and agriculture. August 1 – October. Rome, Italy. 8pp.

F.A.O. 2001. Fisheries Department, Fishery Information, Data and Statistics Unit. Fishtat Plus: Universal software for fishery statistical time series. Rome, Italy. Versión 2.3. 2001.

Fitzsimmons, K. 2000. Tilapia: The Most Important Aquaculture Species of the 21st Century. *In:* Proceedings from the Fifth International Symposium on Tilapia Aquaculture. September 2000 Fitzsimmons, K. Filho, J.c., (eds.) American Tilapia Association and ICLARM, Rio de Janeiro, Brazil pp. 3-8.

Green, B. W., L.A. López. 1988. Factibilidad de la Producción Masiva de Alevines Machos de Tilapia nilótica a través de la Inversión Hormonal de Sexo en Honduras. Estación Experimental Acuícola El Carao. Recursos Renovables. Comayaeva, Honduras. 8 pp.

Green, B. W. 1997. Inclusion of Tilapia as a diversification Strategy for Penaeid Shrimp. lV Simposio Centroamericano de Acuacultura. Tegucigalpa Honduras. 87- 93 pp.

Guerrero III, R.D. 1976. Tilapia mossambica and T. Zilli Treated With Ethynyltestosterone For Sex Reversal. Kalikasan, Philippine Journal of Biology 5: 187 – 192 pp.

Guerrero III, R.D. & L.A. Guerrero 1988. Feasibility of commercial production of Nile tilapia fingerlings in Philippines. Pages 183-186. *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, and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manilla, Philippiines. 623 pp.

Günther, J. 1991. Programa AQUA de análisis estadístico. Universidad Nacional de Costa Rica. Heredia.

Günther, J. 1998. Metabolismo y Crecimiento de Animales Acuáticos. Manejo de Recursos Acuáticos, énfasis Acuacultura. Escuela de Ciencias Biológicas Universidad Nacional de Heredia, Costa Rica. 106 pp.

Hiott, A.E. & R.P. Phelps. 1993. Effects of initial age and size on sex reversal of *Oreochromis niloticus* fry using metitestosterone. Aquaculture 112: 301-308 pp.

Ikenque, H.T. Kafufo. 1992. Modern Methods of Aquaculture in Japan. Ediciones Elsseivier – Kodansha L.T.D. Tokyo Japan. 98- 101 pp.

INCOPESCA. 1999. Departamento de Acuicultura. Documento Evaluación del Departamento de Acuicultura Mimeografiado. San José, Costa Rica. 4-6 pp.

Johnstone, R. D. J. Macintosh & R. S. Wright. 1983. Elimination of orally administered 17-L methytestosterone by *Oreochromis mossambicus* (tilapia) and salmo gairdneri (rainbow - trout) juveniles. Aquaculture, 35: 249-257pp.

Moreno, J. 1985. El Uso de Hormona (17 - α - Metiltestosterona) en alevines de *O. niloticus* para la Producción de Tilapias Monosexuales en Panamá. Revista Latinoamericana de Acuacultura. 24: 22-29 pp.

Nakamura, M. & H. Takahashi. 1973. Gonadal sex differentiation in tilapia mossambica with special regard to the time of estrogen treatment effective in inducing feminization of genetic fishes. Bulletin of the Faculty of Fisheries, Hokkaido University 24: 1-13.

Nakamura, M. & M. Iwahashi. 1982. Studies on the practical maculinization in Tilapia Nilotica by oral administration of androgens. Bulletin of the Japanese Society for Scientific Fisheries. 48: 763-769.

Nanne, H. 1993. Sector Acuícola, Antecedentes, situación actual y perspectivas del sector. Mimeografiado. 28 pp.

Nash, C. & A. Novotney. 1995. Production of Aquatic Animal Fishes. In World Animal Science. C8: 133-152 pp.

Okoko, M. 1996 Effect of 17 - α - methyltestosterone concentration on the sex ratio, and gonadal development of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. Master thesis, Auburn, University, Alabama, U.S.A. En 6to. Simposio Centroamericano de Acuacultura. Tegucigalpa, Honduras. 147 pp.

Otárola, A. 1997. El cultivo de la Trucha Arco Iris. INCOPESCA, San José, Costa Rica. Mimeografiado. 44pp.

Otárola, A. 2002. Evaluación del crecimiento de la tilapia Nilótica (*Oreochromis niloticus*), la tilapia Stirling (variedad mejorada de la Nilótica) y el híbrido Blanco (*O. niloticus x O. aureus*) en tres etapas de desarrollo bajo cultivo intensivo en estanques de tierra. Tesis de Licenciatura Universidad de Costa Rica, San Pedro de Montes de Oca. San José. Costa Rica. 82 pp.

Phelps, R.P. 2001. Sex Reversal: The directed control of Gonadal Development in tilapia. En 6to. Simposio Centroamericano de Acuacultura. Tegucigalpa Honduras Editor Daniel E. Meyer. 35 – 60 pp.

Phelps, R.P. & G. Cerezo. 1992. The effect of confinement in hapas on sex reversal and growth of *Oreochromis niloticus*. Journal of Applied Aquaculture 1: 73-81.

Phelps, R.P. & T.J. Popma. 2000. Sex reversal of tilapia. Pages 34-59 i*n* B.A. Costa-Pierce and J.E. Rakocy, eds. Tilapia Aquaculture in the Americas, Vol. 2. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United State.

Piper, R.G., I.B. McEllmain; L.E. Orne, & L.P. McGranen. 1986. Fish hatchery Mangnement. Us Department of Interior, Fish and Wildlife Service, Washington, D.C. 515 pp.

Popma, T.J. 1987. Fresh water fish culture development project. ESPOL. Guayaquil, Ecuador: Final Technical report. Department of Fisheries and Allied Aquaculture, Auburn University, AL, USA. *In* Ronald P. Phelps & Thomas J. Popma (eds.). Sex Reversal of Tilapia. Vol 2: 34 - 59

Popma, T. & M. Masser. 1999. Tilapia Life History and Biology. Southern Regional Aquaculture Center. SRAC Publication Nº. 283. 4 pp.

Popma, T.J. & B.W. Green. 1990. Aquaculture production manual sex reversal of tilapia in earthen ponds. Research and Development Series Nº 35. International Center for Aquaculture, Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University AL. USA. *In* Thomas P. Phelps (eds.). Sex Reversal: The directed control of gonadal development in tilapia, in 6to. Simposio Centroamericano de Acuacultura. 148 pp.

Porras, A. 1986. Crecimiento de *Oreochromis aureus* a altas densidades de siembra utilizando fertilización orgánica a base de estiercol de cerdo. Pp. 173-181. En: Procedimiento de taller de trabajo sobre Acuicultura en América Latina. Pudoc Wageningen, 1987. Organizado por I : F : S.

Posadas, B. 1997. U.S. Imports of Tilapia by product form and Country of origin. January – December, 1996. New York Seafood Exchange. 2 pp.

Pullin, R.Y &. R. Mc. Lowell, 1982. The Biology and culture of tilapias. ICLARM. Conference Procedings. International Center For Living Aquatic Resourses Management, Manila, Philippines. 432 pp.

Revista de Biología Tropical. 2000. International Journal of Tropical. Editorial Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 722 pp.

Rothbard, S.; Y. Zohar; N. Zmora; B. Levavi-Sivan; B. Moav & Z. Yaron, 1990. Clearance of 17 L-ethynyltestosterone from muscle of sex-inverse tilapia hybrids treated for growth enhancement with two doses of the androgen. Aquaculture, 89: 365-376.

Ruiz, R. 1980. Introducción de la tilapia en Costa Rica. Aspectos fenotípicos y taxonómicos. Rev. ASBANA. 12:16 pp.

Salas, A. L. 1986. Reversión de Sexo en Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Práctica dirigida y presentada para optar el Título de Licenciada en Biología. Universidad de Costa Rica. 43 pp.

Salas, A. L. 1989. Factibilidad de la producción masiva de alevines machos de tilapia *(Oreochromis aureus)* mediante Reversión de Sexo. Investigación Agrícola. Volumen 5 .Enero – Diciembre 1991. Rev. de Investigaciones Agrícolas. M.A.G. San José, Costa Rica. 57 pp.

Salas, A.L., G. – Yang, Y. 1993. Mimeografiado. Manual Práctico sobre la Crianza de Tilapia. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Misión Técnica Agrícola de la República de China. 57 pp.

Schramm, John. 2001. Tilapia set for new markets. Sea Food International. 29 a 34 pp.

Sepúlveda, C. Sophia. 2002. Tilapia Roja 100 % machos ¿Moda o necesidad? Panorama Acuícola de Marzo a Abril. Panamá. Volumen 7 N° 3. 36 pp.

Shelton, W.L; K.D. Hopkins & G.L. Jensen. 1978. Use of hormones to produce monosex tilapia. In R.D. Smitherman, W. L. Shelton, and J.L. Grover, eds. Culture of Exotic Fishes. Symposium Procudings. Fish Culture Section, American Fisheries Society, Auburn, AL. USA.

Shepherd, C. & N.R. Bromage. 1988. Intensive Fish Farming. Osney Mead, Oxford OX2o D. T. 78 pp.

Smith, E.S. 1996. Factors affecting sex reversal of tilapia: Species characteristics and feed storage conditions. Masters Thesis, Auburn University, Auburn, AL; USA.

Soto, C. 1998. Evaluación del crecimiento de *Oreochromis niloticus* en estanques utilizando un sistema de cultivo intensivo. Tesis de Licenciatura U.N.A. Heredia. Costa Rica. 53 pp.

Stickney, R. 1986. Culture of Non Salmonia Fresh Water Fishes. Editorial: Press – Florida, U.S.A. 35 pp.

Stoas, 1993. Fish Farming in pond in the tropics. Foundation for the Development of Agricultural Education and Training, Wageningen, the Netherlands.

Tayament, M.M. & W.L. Shelton. 1978. Inducement of sex reversal in *Sarotherodon niloticus* (Linnaeus). Aquaculture 14: 349-354 pp.

Toledo, S, J. 1998. Nutrición y alimentación de tilapia cultivadas en América Latina y el Caribe. Ed. Ministerio de la Industria Pesquera. La Habana. Cuba. 2-8 pp.

Trewavas, E. 1983. A review of the Fish of genera *Sarotherodon, Oreochromis and Danakilia*. Bull. Br Mus. (Nat Hist.) Zool. 583 pp.

Umaña, E. 1991. Evaluación del crecimiento y factibilidad económica de *Oreochromis aureus* en estanques fertilizados, utilizando dos alimentos suplementarios en la Estación Enrique Jiménez Núñez. Tesis de Licenciatura U.N.A. Heredia. Costa Rica. 77 pp.

Varadaraj, K., S. S. Kumasi & T.J. Pandian. 1994. Comparison of conditions for hormonal sex reversal of Mozambique Tilapias. The Progressive Fish Culturist. 56: 81-90.

Vargas, W. 1991. Evaluación del crecimiento y la factibilidad económica del cultivo de *Oreochromis aureus* en jaulas flotantes bajo dos dietas comerciales y una no-comercial en el Embalse Arenal, Costa Rica. Tesis de Licenciatura U.N.A. Heredia. Costa Rica. 90 pp.

Wohlfarth, G.W. & G.I. Hulata. 1981. Aplied Genetics of Tilapias. International Center for Living Aquatic Resources Management. Manila, Filipinas. 26 pp.

APÉNDICE

APÉNDICE I. Variación del pH promedio para los tres tratamientos, cada 14 días en la mañana y en la tarde durante el proceso de investigación (Reversión de sexo y precría).

TIEMPO	TRATAMIENTO					
		MAÑANA			TARDE	
DIAS	40	50	60	40	50	60
14	8.15 ± 0,03	8,19 ± 0,04	8.17 ± 0,03	8.17 ± 0,03	8.18 ± 0,05	8.20 ± 0,05
28	7,93 ± 0.06	7,97 ± 0,03	7.99 ± 0,03	8.03 ± 0,02	8.02 ± 0,04	8.0 ± 0,04
42	6.94 ± 0,09	7,02 ± 0,07	7,02 ± 0,02	7,27 ± 0,04	7,27 ± 0,02	7,29 ± 0,03
56	6,90 ± 0,14	6,77 ± 0,04	6,79 ± 0,02	7,22 ± 0,03	7,32 ± 0,03	7,35 ± 0,05
70	6.99 ± 0,03	7.04 ± 0,01	7,05 ± 0,05	7,29 ± 0,02	7,29 ± 0,05	7,23 ± 0,05
84	7,05 ± 0,05	6.98 ± 0,12	7.06 ± 0,01	7,53 ± 0,02	7,55 ± 0,01	7,53 ± 0,02
98	7,08 ± 0,03	7.14 ± 0,02	7,14 ± 0,03	7,67 ± 0,01	7,76 ± 0,07	7,75 ± 0,03
112	7.02 ± 0,01	7,0 ± 0,02	7,03 ± 0,02	7,43 ± 0,02	7,48 ± 0,01	7.46 ± 1.19
126	7,40 ± 0,01	7,41 ± 0,02	7,40 ± 0,01	7,77 ± 0,02	7,82 ± 0,03	7,80 ± 0,02
140	7,49 ± 0,02	7,52 ± 0,03	7,56 ± 0,03	7,69 ± 0,04	7,75 ± 0,04	7,82 ± 0,03

40 mg de hormona 17 - α - metil testosterona

50 mg de hormona 17 - α - metil testosterona

60 mg de hormona 17 - α - metil testosterona

APÉNDICE 2. Variación de la temperatura promedio para los tres tratamientos, en la mañana y en la tarde, cada 14 días durante el tiempo de investigación (Reversión de sexo y precría).

TIEMPO	TRATAMIENTO					
	MAÑANA			TARDE		
DÍAS	40	50	60	40	50	60
14	25,36 ± 0,04	25,47 ± 0,19	25,44 ± 0,13	26,72 ± 0,04	26,85 ± 0.11	26,72 ± 0,06
28	25,26 ± 0,06	25,21 ± 0,06	25,39 ± 0,03	26,14 ± 0,03	26,09 ± 0,10	26,14 ± 0,04
42	25,19 ± 0,15	25,12 ± 0,07	25,19 ± 0,07	25,90 ± 0,06	25,89 ± 0,05	25,88 ± 0,01
56	25,05 ± 0,06	25,18 ± 0,07	25,13 ± 0,10	26,15 ± 0,09	26,20 ± 0,07	26,17 ± 0,03
70	25,05 ± 0,52	25,14 ± 0,05	25,15 ± 0,02	26,19 ± 0,04	26,26 ± 0,02	26,28 ± 0,02
84	25.37 ± 0,03	25,42 ± 0,03	25,41 ± 0,04	26,76 ± 0,05	26.83 ± 0,02	26.72 ± 0,06
98	25,49 ± 0,01	25,52 ± 0,03	25,51 ± 0,05	27,72 ± 0,02	27,72 ± 0,02	27,71 ± 0,05
112	24,94 ± 0,07	25,08± 0,04	25,03± 0,01	27,10 ± 0,07	27,17 ± 0,03	27,15 ± 0,02
126	24,12 ± 0,02	24,12 ± 0,04	24,23 ± 0,14	26,76 ± 0,07	26,93 ± 0,03	26,96 ± 0,02
140	24,08 ± 0,02	24,08 ± 0,02	24,08 ± 0,04	26,47 ± 0,08	26,54 ± 0,03	26,67 ± 0,03

40 mg de hormona 17 - α - metil testosterona

50 mg de hormona 17 - α - metil testosterona

60 mg de hormona 17 - α - metil testosterona

APÉNDICE 3. Variación del oxígeno disuelto promedio (mg/l) para los tres tratamientos en la mañana y en la tarde cada 14 días durante el tiempo de investigación (Reversión de Sexo y Precría).

TIEMPO	TRATAMIENTO					
	MAÑANA			TARDE		
DÍAS	40	50	60	40	50	60
14	6,98 ± 0.02	7,17 ± 0,04	7,03 ± 0,11	7,52 ± 0,06	7,54 ± 0,08	7,43 ± 0,12
28	6,66 ± 0.08	6,74 ± 0,12	6,74 ± 0,04	7,05 ± 0,11	7,24 ± 0,05	7,23 ± 0,05
42	6,61 ± 0.06	6,72 ± 0,08	6,67 ± 0,13	7,08 ± 0,04	7,18 ± 0,09	7,14 ± 0,07
56	6,88 ± 0.08	6,86 ± 0,03	7,03 ± 0,07	7,31 ± 0,03	7,34 ± 0,04	7,39 ± 0,05
70	7,04 ± 0,04	7,09 ± 0,02	7,10 ± 0,01	7,56 ± 0,02	7,54 ± 0,03	7,53 ± 0,02
84	7,13 ± 0,01	7.16 ± 0,02	7,19 ± 0,02	7,92 ± 0,01	7,88 ± 0,02	7,93 ± 0,02
98	7,15 ± 0,02	7,15 ± 0,01	7,15 ± 0,03	7,91 ± 0,01	7,95 ± 0,01	7,91 ± 0,03
112	6,78 ± 0,59	6,82 ± 0,01	6,85 ± 0,03	7,55 ± 0,06	7,65 ± 0,02	7,58 ± 0,02
126	6,25 ± 0,03	6,27 ± 0,01	6,31 ± 0,03	7,21 ± 0,02	7,28 ± 0,02	7,33 ± 0,02
140	6,12 ± 0,02	6,13 ± 0,02	6,17 ± 0,04	7,24 ± 0,57	7,31 ± 0,02	7,37 ± 0,01

40 mg de hormona 17 - α - metil testosterona

50 mg de hormona 17 - α - metil testosterona

60 mg de hormona 17 - α - metil testosterona

APÉNDICE 4 Variación del peso promedio acumulado en gramos para los tres tratamientos durante la investigación.

TIEMPO	TRATAMIENTOS		
Días	40	50	60
0	0,10 ± 0	0,10 ± 0	0,10 ± 0
14	0,54 ± 0,04	0,43 ± 0,06	0,48 ± 0,19
28	1,10 ± 0,03	1,08 ± 0,01	1,17 ± 0,12
50	1,59 ± 0,21	1,37 ± 0,11	1,43 ± 0,09
63	3,49 ± 0,85	2,73 ± 0,42	2,61 ± 0,47
77	6,06 ± 1,22	4,77 ± 0,71	3,93 ± 0,49
91	9,95 ± 1,17	8,15 ± 0,98	7,73 ± 1,46
106	16,17 ± 2,47	14,22 ± 2,49	12,46 ± 2,17
120	20,58 ± 1,59	19,59 ± 1,81	16,39 ± 2,69
140	29,54 ± 3,0	28,85 ± 4,01	23,76 ± 3,62

40 mg de hormona 17 - α - metil testosterona

50 mg de hormona 17 - α - metil testosterona

60 mg de hormona 17 - α - metil testosterona

APÉNDICE 5 Tasa de Crecimiento Real (T.C.R.) promedio en gramos por día por pez durante la investigación para los tres tratamientos durante la investigación.

TIEMPO	TRATAMIENTOS		
Días	40	50	60
14	0,031 ± 0,002	0,024 ± 0,004	0,027 ± 0,014
28	0,04 ± 0,001	0,05 ± 0,005	0,05 ± 0,006
50	0,035 ± 0,013	0,021 ± 0,007	0,016 ± 0,009
63	0,13 ± 0,06	0,09 ± 0,03	0,08 ± 0,03
77	0,17 ± 0,03	0,13 ± 0,03	0,09 ± 0,01
91	0,26 ± 0,02	0,22 ± 0,03	0,25 ± 0,07
106	0,41 ± 0,09	0,4 ± 0,10	0,31 ± 0,07
120	0,3 ± 0,06	0,36 ± 0,05	0,26 ± 0,05
140	0,47 ± 0,12	0,54 ± 0,15	0,39 ± 0,14

40 mg de hormona 17 - α - metil testosterona

50 mg de hormona 17 - α - metil testosterona

60 mg de hormona 17 - α - metil testosterona

APÉNDICE 6 Tasa de crecimiento especifica (T.C.E) porcentaje del peso corporal por día, en los tres tratamientos durante el tiempo de investigación

TIEMPO	TRATAMIENTOS		
Días	40	50	60
14	5,22 ± 0,23	4,53 ± 0,41	4,70 ± 1,21
28	2,20 ± 0,16	2,85 ± 0,43	2,92 ± 0,93
50	1,15 ± 0,33	0,77 ± 0,26	0,84 ± 0,30
63	2,23 ± 0,74	1,98 ± 0,46	1,70 ± 0,39
77	1,62 ± 0,25	1,61 ± 0,26	1,20 ± 0,23
91	1,46 ± 0,25	1,56 ± 0,14	1,94 ± 0,34
106	1,40 ± 0,13	1,60 ± 0,16	1,39 ± 0,21
120	0,71 ± 0,21	0,95 ± 0,23	0,80 ± 0,09
140	0,82 ± 0,18	0,95 ± 0,20	0,85 ± 0,26

40 mg de hormona 17 - α - metil testosterona

50 mg de hormona 17 - α - metil testosterona

60 mg de hormona 17 - α - metil testosterona

APÉNDICE 7 Variación del factor de conversión alimenticio (F.C.A) en gramos / gramos para los tres tratamientos durante el tiempo de investigación.

TIEMPO	TRATAMIENTOS		
Días	40	50	60
14	0,64 ± 0,06	0,84 ± 0,13	0,86 ± 0,38
28	1,84 ± 0,21	1,41 ± 0,13	1,49 ± 0,58
50	5,66 ± 1,87	7,32 ± 2,86	8,69 ± 3,57
63	2,07 ± 0,88	1,84 ± 0,52	2,07 ± 0,64
77	2,25 ± 0,40	2,39 ± 0,44	3,51 ± 1,11
91	1,84 ± 0,84	2,14 ± 0,48	1,70 ± 0,31
106	1,55 ± 0,31	1,39 ± 0,17	1,62 ± 0,35
120	3,01 ± 1,16	2,13 ± 0,71	2,49 ± 0,32
140	2,19 ± 0,58	1,92 ± 0,62	2,39 ± 10,2

40 mg de hormona 17 - α - metil testosterona

50 mg de hormona 17 - α - metil testosterona

60 mg de hormona 17 - α - metil testosterona

APÉNDICE 8 Producción de alevines para reversar en la estación acuícola Experimental los Diamantes.

PARÁMETRO	CANTIDAD
Número de hembras sembradas:	100
Biomasa de hembras (Kg.) :	30
Número de machos sembrados:	50
Biomasa de machos (Kg.) :	15
Relación macho hembra	2 a 1
Alevines cosechados menor de 12 mm.	62016
Alevines cosechados mayor de 12 mm.	4653
Total de alevines cosechados	66669

APÉNDICE 9 Cuadro comparativo de resultados de reversiones usando 60 mg. de la hormona sintética 17 – α – Metil Testosterona por kilogramo de alimento.

Instituciones:	Especie:	Porcentaje de reversión:	Porcentaje de Sobrevivencia:	Densidad de siembra: Por m3
PRADEPESCA[a]	O. niloticus	95 a 98%	60 %	500
Aquacorporación[b]	O. niloticus	98%	73 %	300
E. A. E. J. N.[c]	O. niloticus	98%	62.5 %	500
E. A. D.[d]	O. niloticus	95 a 96%	65 %	500
E. A. Cuestillas[e]	O. aureus.	98%	70 %	500
E. A. Garita [f]	O. aureus	93.49%	72%	400

a- Programa para el Desarrollo de la Pesca y Acuicultura (Fajardo com. per.)

b- Aquacorporación Internacional S. A. Cañas Guanacaste (Álvarez com. per.)

c- Estación Acuícola E. Jiménez N. Cañas Guanacaste (Durán com. per.).

d- Estación Acuícola Los Diamantes Guápiles (Zamora com. per.).

e- Estación Acuícola Cuestillas Florencia de San Carlos (Chacón com. per.).

f- Tesis de Licenciatura realizada por Ana L. Salas Araya en La Garita de Alajuela. (Salas, 1986).

APÉNDICE 10 Andrógenos sintéticos que se han incorporado a la dieta de los alevines de tilapia para la reversión de sexo.

Andrógeno:	Tilapia s.p.:	Dosis:	Eficacia:	Autor:
1- dehydrotestosterona	O. aureus	15mg/kg.	69% machos	
dehydrotestosterona	O. aureus	30mg/kg.	59% machos	Guerrero 1975
dehydrotestosterona	O. aureus	60mg/kg.	44% machos	
Ethynyltestosterona	O. aureus	15mg7kg.	85% machos	
Ethynyltestosterona	O. aureus	30mg/kg.	98% machos	Guerrero 1975
Ethynyltestosterona	O. aureus	60mg/kg.	100% machos	
Fluoxymesterona	O. niloticus	1mg/kg.	87.3% machos	
Fluoxymesterona	O. niloticus	5mg/kg.	100% machos	Phelps et al 1992
Fluoxymesterona	O. niloticus	25mg/kg.	100% machos	
Mestanolona	O. niloticus	5mg/kg.	99.5% machos	
Mestanolona	O. niloticus	10mg/kg.	97% machos	Soto 1992
Mestanolona	O. niloticus	20mg/kg.	99% machos	
Mibolerona	O.mossambicus	1.5 mg/kg.	84% machos	Guerrero y
Mibolerona	O.mossambicus	1.75mg/kg	88% machos	Guerrero 1993
Mibolerona	O.mossambicus	2.0mg/kg.	94% machos	
19-norethisterona acetato	O.mossambicus	1 mg/kg	52% machos	Varadaraj 1990
Trenbolone acetato	O. aureus	25mg/kg.	98.3% machos	
Trenbolone acetato	O. aureus	50mg7kg.	99.3% machos	Gálvez y otros
Trenbolone acetato	O. aureus	100mg/kg.	99.0% machos	1996

APÉNDICE 11 Tabla de alimentación usada en reproductores y en el proceso de precría.

Ración de alimento en porcentaje, que se aplica sobre el total de la biomasa a reproductores y alevines reversados en las piletas de cemento.

Intervalo de peso (gramos)	Ración de alimento en % / día
1 – 5	10
5 – 10	6.3
10 – 20	5.2
20 – 50	4.6
50 – 70	3.3
70 – 100	2.8
100 – 150	2.2
150 – 200	1.7
200 – 300	1.5
300 – 400	1.3
Mayor de 400	1.2

APÉNDICE 12. Tabla de alimentación utilizada por las diferentes estaciones acuícolas del INCOPESCA en el proceso de reversión de sexo.

Ración de alimento hormonado, en porcentaje que se aplica sobre el total de la biomasa de alevines en reversión en las piletas de cemento.

Tiempo en días.	Porcentaje de alimento %	Peso del alevín en gramos
1 – 14	20	0.1 a 0.25
15 – 28	10	0.25 a 1