

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA PARACENTRAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRONOMICAS



PROYECTO:

Métodos de masculinización inducida por andrógenos en alevines del híbrido rojo de “tilapia” (*Oreochromis* sp); Inmersión de corto plazo y administración oral

ELABORO:

Br. JOSÉ LUIS MIRANDA CERRITOS
Br. RAFAEL ALEJANDRO CERROS RODRÍGUEZ
Br. CÉSAR BLADIMIR FLORES MARTINEZ

REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE:
INGENIERO AGRÓNOMO

San Vicente, 26/08/08

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR: MSC. RUFINO ANTONIO QUEZADA SÁNCHEZ

SECRETARIA GENERAL: LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHAVES

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA PARACENTRAL

DECANO: ING. AGR. JOSÉ ISIDRO VARGAS CAÑAS

SECRETARIO: ING. AGR. EDGAR ANTONIO MARINERO ORANTES

COORDINADOR GENERAL DE PROCESO DE GRADUACION Y JEFE DEL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRONOMICAS

ING. AGR. JORGE LUIS ALAS AMAYA

DOCENTES DIRECTORES

DR. JOSÉ ROBERTO HERNÁNDEZ RAUDA

LIC. MSC. LUÍS ALBERTO MEJÍA ORELLANA

AGRADECIMIENTOS

Deseamos manifestar nuestros más sinceros agradecimientos al perito Dr. José Roberto Hernández Rauda, Jefe de la Unidad de Piscicultura del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMARES), de la Universidad de El Salvador, por su valioso e incondicional apoyo, sin el cual no hubiera sido posible la realización de la etapa experimental de este trabajo; así también, para el personal de la Sociedad Cooperativa Puerto Casona y en especial, al señor José Isabel Rivera Henríquez, va nuestro más profundo reconocimiento a su colaboración durante todo el tiempo que demandó concluir el ensayo.

A nuestros asesores Dr. José Roberto Hernández Rauda y Msc. Luís Alberto Mejía Orellana, hacemos un justo reconocimiento a su labor y esfuerzo, desempeñados para lograr, en todo aspecto la materialización de esta obra; además por introducirnos acertadamente, a través de los amplios senderos de la investigación científica.

Finalmente, agradecemos a todas aquellas personas que de alguna manera, hicieron posible la culminación del presente ensayo.

DEDICATORIA

Al pueblo Salvadoreño: cuyo finalidad de la presente investigación científica esta enfocada en adquirir nuevos conocimientos junto con las tecnologías apropiadas para el bienestar social, económico, seguridad alimentaria y satisfacción, deben ser suficiente incentivo para la obra que lleva a cabo cualquiera que se aprecie de ser un investigador.

El presente trabajo se lo dedico a mi familia que en todo momento de la ejecución de la investigación recibí su apoyo incondicional, sin el cual hubiese sido imposible la elaboración de este documento a todos ellos: María Gloria Miranda, Yesenia Bexabel Miranda, Carlos Henrique García Miranda, Diego Emanuel García Miranda y Johan Antonio García Miranda.

A mis amigos y compañeros que juntos logramos una meta planteada en nuestras vidas la cual va encaminada en mejorar la calidad de nuestros conocimientos y bienestar social, todo esto logrado con sacrificio sin desistir en ningún momento de nuestras capacidades.

José Luis Miranda Cerritos

DEDICATORIA

A Dios: Por ser el centro de mi vida, por permitirme coronar mis estudios y compartir con mis seres queridos todos mis éxitos y alegrías; y por darme fortaleza en los momentos difíciles de mi vida y mi carrera, porque todo lo puedo en Cristo que me fortalece." (Fil. 4:13).

A mi Madre: Maria Guadalupe Rodríguez, que me enseñaste todo el valor y la fuerza de un solo brazo y con mucho sacrificio y esfuerzo lograste que saliera adelante y que dentro de todas tus preocupaciones me diste la oportunidad de triunfar que si no hubiera sido por ti no hubiera conocido el valor de la vida.

A mi Tía: Blanca Estela Rodríguez, por no solo ser mi tía y consejera si no la segunda Madre que Dios me regalo.

A mi Hermana: Diana Eunice, porque dentro de una de tus sonrisas eternas, aprendí que la vida esta llena de alegrías y satisfacciones no de envidias y rencores.

Mi persona especial: Karen Eloisa, gracias por tu cariño y apoyo incondicional, por estar conmigo en los momentos difíciles de mi vida. Te quiero mucho.

Dr. Roberto Hernández Rauda: Gracias por depositar su confianza en mi trabajo, darme ánimo y enseñarme el valor del conocimiento, quien con su pasión y perseverancia nos ayudo en todo momento.

José Isabel Rivera Henríquez: Por toda su colaboración brindada en nuestra investigación y por que su amistad va más allá de un simple apoyo y compañía.

Gracias a mis amigos y compañeros: Les agradezco el haberme brindado todo el apoyo, colaboración, ánimo y amistad.

Rafael Alejandro Cerros Rodríguez

RESUMEN

La tilapia roja muestra una reproducción temprana antes de alcanzar los 15 cm, además es una especie prolifera, pues tienen una fecundidad de 1.85 huevos/g, (Vendaval; *et al*, 1999). Estas características mencionadas de no modificar las condiciones de bisexualidad de la población en cultivo a otra de tipo monosexual, las hembras maduran antes de alcanzar la talla comercial (300 y 500 g), por lo que éstas destinarán gasto energético para fines reproductivos en detrimento del crecimiento y ganancia de peso con respecto al macho. Para controlar esta situación se realizó una reversión fenotípica de sexo, inducida por la hormona 17α -MT utilizando las técnicas propuestas en la investigación; inmersión de corto plazo (T_1), en formato 2 veces x 4 horas x $1.800\mu\text{g/L}$ de la 17α -MT y administración oral (T_2), en formato 28 días x 6 veces x 60mg/kg de la 17α -MT. El objetivo de la investigación es comprobar la efectividad del método de inmersión de corto plazo comparado con el método tradicional.

Los alevines en estudio se obtuvieron de la cavidad bucal de las hembras reproductoras, para el establecimiento de la investigación se utilizaron 3,300 alevines recolectados entre el día 7 y 9 DPH, de una edad y tamaño más ó menos uniformes, para tratar a los alevines se utilizó seis estanques de tratamiento de fibra de vidrio con una densidad 1.5 alevines/L, con un volumen efectivo por tanque de 200 L, es decir 300 alevines por tanque y dos tanques de precría con una densidad de 1 alevines/L ($1,000/\text{m}^3$). Se realizaron cuatro repeticiones por tratamiento, al mismo tiempo se utilizó dos jivas rectangulares de plástico con capacidad de 200 L. donde se mantuvo los controles.

La determinación del sexo se realizó empleando la técnica histológica, se encontró una eficiencia de masculinización de 85.36% en el T_1 y de 92.50% en el T_2 , al analizar una muestra del 4.85% de la población total y combinar las dos técnicas de masculinización sexual con la prueba de chi-cuadrado (X^2), estadísticamente no se encontraron diferencias significativas ($P = 0,482$).

Para obtener los resultados de la evaluación de parámetros productivos; Peso, longitud, factor de conversión alimenticia y supervivencia se utilizó la distribución Z_c , en distribución muestral de diferencia de medias, no se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$). La técnica de reversión sexual por inmersión puede ser recomendada para reemplazar la técnica tradicional, por su menor demanda de tiempo y mano de obra, disminuye la exposición de peces y humanos a la hormona, entre las limitantes se tiene que la implementación del método dependerá del acceso a la hormona en el mercado en cantidad y adecuado precio ya que la dosis recomendada para la masculinización es dos veces mayor, comparada al método tradicional.

INDICE

	Pag.
AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA.....	ii
RESUMEN.....	iv
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	Vi
JUSTIFICACIÓN.....	Viii
HIPÓTESIS.....	X
OBJETIVOS.....	Xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Reseña histórica de la especie.....	3
2.2. Taxonomía.....	3
2.3. Mejoramiento genético de la tilapia.....	4
2.4. Anatomía.....	4
2.4.1. Partes anatómicas de la tilapia.....	4
2.5. Características físicas de la tilapia.....	5
2.6. Hábitos alimenticios.....	6
2.6.1. Clasificación de la tilapia.....	6
2.7. Características físico químicas del agua.....	7
2.7.1. Temperatura.....	7
2.7.2. pH.....	7
2.7.3. Oxígeno disuelto.....	8
2.7.4. Amoníaco.....	9
2.7.5. Turbidez.....	9
2.7.6. Alcalinidad y dureza.....	10
2.8. Sistema de cultivo.....	10
2.8.1. Jaulas.....	10
2.8.1.1. Diseño de la jaula.....	11
2.8.1.2. Tamaño de la jaula.....	11
2.8.2. Tanques.....	11
2.8.2.1. Diseño del tanque.....	12
2.8.2.2. Tamaño del tanque.....	12
2.8.3. Estanque.....	12
2.8.3.1. Estanque de crecimiento o engorde.....	12
2.8.3.2. Estanque de reproducción.....	13
2.8.3.3. Diseño.....	13
2.9. Reproducción.....	13

2.9.1. Requisitos ambientales para la reproducción de tilapia.....	14
2.9.2. Selección de reproductores.....	14
2.9.3. Estanques de reproducción.....	15
2.9.4. Selección de la especie.....	15
2.9.5. Manejo del alevín.....	15
2.10. Alimentación.....	17
2.11. Enfermedades.....	18
2.11.1. Enfermedades bacterianas.....	18
2.11.2. Principales enfermedades parasitarias.....	18
2.11.2.1. Ciliados.....	18
2.11.2.2. Flagelados.....	19
2.11.2.3. Monogéneos.....	20
2.11.2.4. Digéneos.....	20
2.12. Proceso de reversión sexual.....	20
2.12.1. Administración oral del esteroide.....	22
2.12.1.1. Muestras biométricos.....	24
2.12.1.2. Preparación de la reversarina.....	24
2.12.1.3. Efecto de la administración oral de diversos niveles de 17 α -Metiltestosterona.....	25
2.12.1.4. Condiciones variables.....	25
2.12.1.5. Condiciones óptimas de estanque para Reversión.....	26
2.12.1.6. Sistemas para la reversión sexual.....	26
2.12.1.7. Evaluación de la reversión.....	26
2.12.1.8. Eficacia de la conversión del alimento.....	27
2.12.1.9. Tarifa de la supervivencia.....	27
2.12.1.10. Cociente del sexo.....	27
2.12.1.11. Efectos de andrógeno fluoxymesterona en la revocación del sexo.....	28
2.12.1.12. Gónadas.....	28
2.12.1.13. Selección del andrógeno (Costos, disponibilidad e impacto ecológico).....	29
2.12.1.14. Discusión del uso de hormonas.....	30
2.12.2. Masculinización por inmersión en andrógenos.....	31
2.12.2.1. Preparación de la reversina.....	31
2.12.2.2. Evaluación del método.....	32
2.12.3. Comparación entre los métodos de masculinización; administración oral e inmersión a corto plazo.....	32

3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
3.1. Localización del ensayo.....	34
3.2. Establecimiento de la investigación.....	34
3.2.1. Sistema de filtración en agua salobre.....	34
3.2.2. Sistema de filtración en agua dulce.....	36
3.2.3. Sistema de drenaje.....	37
3.2.4. Instalación del sistema de aireación.....	37
3.2.4.1. Hornilla de aireación.....	38
3.2.5. Estanques de reproducción.....	39
3.2.5.1 Reproducción de alevines.....	39
3.2.6. Estanques de tratamientos.....	41
3.2.7. Estanques de precría.....	41
3.3. Metodología estadística.....	41
3.3.1. Muestreos biométricos.....	41
3.3.2. Tasa y frecuencia de alimentación.....	42
3.3.3. Tratamientos.....	42
3.3.3.1. Tratamiento 0 ₁	42
3.3.3.2. Tratamiento 1.....	42
3.3.3.3. Tratamiento 0 ₂	45
3.3.3.4. Tratamiento 2.....	45
3.3.4. Evaluación de los tratamientos.....	47
3.3.4.1. Tasa de crecimiento en peso.....	48
3.3.4.2. Tasa de crecimiento en longitud.....	48
3.3.4.3. Factor de condición K.....	48
3.3.4.4. Factor de conversión alimenticia.....	49
3.3.4.5. Índice de supervivencia.....	49
3.3.4.6. Análisis económico.....	49
3.3.4.7. Porcentaje de masculinización al final de la aplicación de los tratamientos.....	50
3.3.5. Factores en estudio.....	51
3.3.5.1. Reversión sexual.....	51
3.3.5.2. Conversión alimenticia.....	51
3.3.5.3. Peso y talla.....	52
3.3.6. Diseño estadístico.....	52
3.3.7. Modelo matemático.....	53
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	54
4.1 Porcentaje de masculinización.....	54
4.1.1. Evaluación histológica del sexo.....	54

4.2	Parámetros productivos.....	59
4.2.1.	Tasa de crecimiento en peso (g/día).....	59
4.2.2.	Peso final.....	61
4.2.3.	Tasa de crecimiento en longitud (mm/día).....	63
4.2.4.	Longitud final.....	64
4.2.5.	Factor de condición K.....	67
4.2.6.	Factor de conversión alimenticia.....	68
4.3.	Índice de supervivencia.....	69
4.4.	Análisis económico.....	70
5.	CONCLUSIONES.....	73
6.	RECOMENDACIONES.....	79
VII.	BIBLIOGRAFIA.....	82
VIII.	ANEXOS.....	87

INDICE DE TABLA

Tabla		Pág.
1	Requerimientos nutricionales de la tilapia.....	17
2	Alimentación según peso promedio de los peces.....	23
3	Muestreos biométricos de reproductores.....	40
4	Tasas y frecuencias de alimentación.....	42
5	Eficiencia de masculinización mediante el método de comprobación del sexo (Histológico), en tratamientos.....	54
6	Constante asociada al crecimiento (k).....	67
7	Índice de supervivencia para tratamientos evaluados.....	70
8	Análisis económico de tratamientos.....	72
A1	Muestreos biométricos.....	88
A2	Tasa de crecimiento en peso (g).....	90
A3	Tasa de crecimiento en longitud (mm).....	91
A4	Factor de conversión alimenticia (FCA).....	92
A5	Índice de supervivencia.....	93

INDICE DE FIGURA

Figuras		Pág.
1	Partes anatómicas de la tilapia.....	5
A1	Localización del ensayo ubicado en Salinas del Potrero jurisdicción de Jiquilisco, zona Occidental de la Bahía de Jiquilisco.....	94
A2	Esquema de abastecimiento de agua salobre y agua dulce con circuito de filtración.....	94
A3	Punto filtrante de abastecimiento de agua salobre en proceso de filtración.....	96
A4	Sistema de abastecimiento agua salobre en proceso de filtración.	96
A5	Filtro de arena de sílice con una capacidad de 100 GPM.....	97
A6	Vista interna de un filtro de arena.....	97
A7	Tuberías de PVC para la distribución de agua.....	98
A8	Bombas de succión con su respectivo tanque de presión.....	98
A9	El nivel de agua se controla por desbordamiento por medio de la tubería central de drenaje.....	99
A10	Instalación donde se estableció la investigación (140.51m ²).....	99
A11	Sistema doble de compresores regenerativos, colocados sobre torretas.....	100
A12	Sistema de aireación colocado sobre la estructura de la galera.....	100
A13	Distribución de aire por medio de mangueras hacia los tanques de 300L	101
A14	Hornilla de aireación en tanques de 2,500 L.....	101
A15	Estanque de reproducción con sus respectivos accesorios.....	102
A16	Sistema de aireación compuesto por un tanque cilíndrico de oxígeno, además de válvulas y mangueras.....	102
A17	Conteo volumétrico se realizó extrayendo 5 muestras de 1 litro cada una con ayuda de un matraz Beaker.....	103
A18	Estanques de tratamientos, seis tanques cilindro-cónicos de	103

	fibra de vidrio, con capacidad de 300 L de color negro.....	
A19	Solución hormonal almacenada en frascos.....	104
A20	Incorporación de solución hormonal con ayuda de una pipeta.....	104
A21	La disolución alcohólica de la 17 α -MT se disuelve en 200 L de agua con ayuda de aireación fuerte.....	105
A22	Al finalizar la aplicación hormonal se realizo recambio de agua.....	105
A23	Traslado de alevines hacia los tanques de precría.....	106
A24	Se muele el concentrado 40% PB. Para facilitar la homogenización de la hormona	106
A25	Pesar 120 mg de la 17 α -MT y almacenarlas en ampollitas.....	107
A26	Disolver la hormona en los 1,600 ml de alcohol etílico absoluto en botella ámbar.....	107
A27	Incorporar la solución al concentrado.....	108
A28	Remover el concentrado con una varilla de vidrio para homogenizar la solución.....	108
A29	El concentrado se vierte sobre la campana de extracción, extendiéndola sobre la superficie hasta alcanzar una capa menor de un centímetro.....	109
A30	Transcurrido 30 minutos de evaporación se apaga la campana de extracción.....	109
A31	Determinación de la ganancia de peso, se utilizó una balanza marca SALTER.....	110
A32	Se midió la longitud estándar de los peces, con ayuda de una regla milimétrica.....	110
A33	Preparasación de la solución YBAG/85.....	111
A34	Corte dorsal, al mismo tiempo se corto la aleta caudal de cada uno de los alevines muestreados.....	111
A35	Almacenamiento de muestras en botes con solución YABG/85.....	112
A36	(A-B). Corte histológico de testículos de alevines muestreados, en la etapa temprana de maduración (Espermatogénesis plena). Espermatogonias (SPG),	

	espermaticos Primarios (1SPC).	
	Observados a 100x y 40x.....	112
A37	(A-B). Corte histológico de gónadas en hembras de alevines muestreados, en la etapa temprana de maduración. Oogonias, Células de la teca y fibroblastos. Observados a 40x y 100x.....	113

INDICE DE GRAFICAS

Graficas		Pág.
1	Variaciones de salinidad y temperatura en reproductores.....	40
2	Variación de salinidad y temperatura en tratamientos.....	47
3	Eficiencia de masculinización en tratamientos T ₁ y T ₂	54
4	Evaluación en tratamientos testigos T ₀₁ y T ₀₂	56
5	Eficiencia de masculinización T ₀₁ y T ₁	57
6	Eficiencia de masculinización del sexo T ₀₂ y T ₂	58
7	Tasa de crecimiento en peso (g/día).....	59
8	Peso final (g).....	61
9	Tasa de crecimiento en peso (g/día).....	62
10	Tasa de crecimiento en longitud (mm/día).....	64
11	Longitud Final (mm).....	65
12	Tasa de crecimiento en longitud (mm/día).....	66
13	Factor de conversión alimenticia por muestra.....	68
14	Índice de mortalidad.....	69

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La tilapia roja (híbrido de *Oreochromis mossambica* x *O. niloticus*) muestra una reproducción temprana, usualmente antes de alcanzar los 15 cm de longitud total (menos de cinco meses); además es una especie prolífera, pues las hembra tiene una fecundidad de 1.85 huevos/g, número de huevos por gramo de peso. (Vendaval; *et al*, 1999). Las dos características mencionadas presentan una ventaja ya que los adultos pueden reproducir alevines en estanques con cierta facilidad; no obstante, de no modificar las condiciones de bisexualidad de la población en cultivo a otra de tipo monosexo, las hembras madurarán antes de alcanzar la talla comercial que oscila entre los 300 y 500 g, por lo que éstas destinarán gasto energético para fines reproductivos en detrimento del crecimiento y ganancia de peso. La hembra incuba los huevos ya fertilizados en su boca y durante ese tiempo no come, presentando menor rendimiento en talla y peso con respecto al macho. (Pruginin, 1998). Por razones antes citada los productores buscan mejorar la talla y peso en la tilapia con el fin de asegurar la rentabilidad; sabiendo que este es un efecto directo de mayor peso y talla, se deduce que puede lograrse con una población mono-sexual compuesta de machos, ya que en este caso se va a evitar la reproducción y por ende va a existir un mayor rendimiento y eficiencia.

La reproducción natural de la tilapia roja, trae como consecuencia sobrepoblación en el estanque, provocándose inconvenientes para el desarrollo, tales como, reducción de oxígeno disuelto, mayor liberación de amonio y heces, competencia por el alimento, tallas heterogéneas y mayor estrés.

En los métodos de masculinización inducida por andrógenos de alevines, especialmente el de administración oral, la hormona es incorporada en el alimento de los alevines, obteniendo buenos resultados de reversión del 75% al 95%, en cuanto a las limitantes, se tiene que los operarios están expuestos durante largos periodos a la hormona, que pueden conllevar a problemas en la salud (cáncer, afectar el sistema inmunológico de hombres y mujeres) y efectos en organismos que no son el blanco que se relacionan en el hábitat acuático si las condiciones de manejo y la inocuidad de la hormona no son apropiadas.(Lewis y Sweet 1993; Vendaval; *et al*, 1999). El método propuesto, por ser de inmersión a corto plazo tiene ventajas comparativas con relación a otros tipos de métodos ya que el periodo del tiempo que exponen los trabajadores a los esteroides anabólicos es relativamente mas corto.

En el país no existe sistematización de los métodos de masculinización, debido a que actualmente, entes gubernamentales como CENDEPESCA (Centro de desarrollo de la pesca y la acuicultura), no tienen programas específicos de asistencia técnica dirigidos hacia la investigación y validación tecnológica. Este factor causa bajos conocimientos técnicos de manipulación en los métodos de masculinización inducidos por andrógenos en alevines de tilapia.

La tilapia roja (*Oreochromis* sp), como especie suplementaria para los productores ubicado en la zona de Salinas del Potrero, no se esta reversando, debido a que la principal actividad económica de la zona, esta compuesta por la pesca artesanal e industrial, y el procesamiento de langostino blanco (*Litopenaeus vannamei* y *L. stylirostris*). Sin embargo, actualmente el sector afronta serios problemas: la fluctuación de abastecimiento de semillas y la caída de precios de langostinos.

Para afrontar el problema de la caída de precios de langostinos a lo largo del año se ha propuesto validar los métodos de masculinización en el cultivo de tilapias para mejorar la talla y las características de estas.

JUSTIFICACIÓN

La investigación pretende ofrecer una alternativa a los productores de la región, ya que solo producen camarón (*Litopenaeus vannamei* y *L. stylirostris*) y necesitan conocer nuevas especies suplementarias, junto con las tecnologías apropiadas para un buen desarrollo de la tilapia roja para su comercialización, debido a que actualmente este sector afronta serios problemas como: la fluctuación en el abastecimiento de "semilla" (post-larvas), la caída del precio internacional del langostino y la entrada de volúmenes de ese producto provenientes de Honduras y Nicaragua durante la época lluviosa, situación que provoca que el precio disminuya aun mas, además de la poca cobertura de las actividades de asistencia técnica en la región.

Por esta razón el Instituto de Ciencias del Mar (ICMARES), de la Universidad de El Salvador, esta desarrollando un proyecto del montaje y operación de un modulo demostrativo para el desarrollo del cultivo de tilapia, como una estrategia para la diversificación de la acuicultura en la Bahía de Jiquilisco, Cantón Salinas del Potrero, donde se validara tecnología, dado que se presentan carencias de investigaciones de mejoramiento de la tilapia roja, debido a la poca asistencia técnica de entes gubernamentales.

Por tal motivo la investigación estará encaminada a desarrollar capacidades locales en piscicultura marina, ya que al mismo tiempo de la investigación, estarán personas del sitio capacitándose, en el manejo del hibrido rojo de tilapia.

El uso de hormonas para masculinización de la tilapia están siendo usadas en varios países (México, Costa Rica, Colombia), con el fin de convertir en machos a la mayoría de la población de alevines a cultivar, debido a que se aprovechan mejor sus características de mayor velocidad de crecimiento en talla y peso; esa es la razón por la que los productores prefieren los cultivos mono-sexo (machos).

Los métodos de masculinización inducida por andrógenos de alevines, especialmente el de administración oral, es el más utilizado en el país debido a los resultados obtenidos de reversión y también por falta de experiencias en otros métodos de masculinización, este método presenta el inconveniente que el operario esté en exposición prolongada a la hormona, a largo plazo esto podría causar daños en la salud, si no existen adecuadas

prácticas de manejo de la hormona; por otra parte, aún no se ha divulgado un método validado de masculinización.

En comparación con las técnicas actuales para la inversión esteroide-inducida del sexo de la tilapia, la inmersión a corto plazo reduce el tiempo al que se exponen los trabajadores a los esteroides anabólicos.

Por tal motivo se realizará una cartilla con métodos que contemplen una mayor seguridad ocupacional con el fin de disminuir efectos adversos en la salud de los operarios.

Estos factores se deben tomar en cuenta, ya que la manipulación y el periodo de contacto con los productos de reversión (hormonas), dependerá del método que se realice (inmersión de corto plazo o administración oral), con la salvedad de diferenciar y comparar las características de ambos métodos.

HIPÓTESIS

A través de la aplicación de la técnica de masculinización con la 17α -metiltestosterona por inmersión de corta duración, se alcanzará una reversión sexual igual o superior al 95% de los alevines de “tilapia roja”, igualando o superando el porcentaje de reversión obtenido con la técnica tradicional por administración oral de la hormona.

Con la aplicación de la técnica de masculinización con la 17α -metiltestosterona por inmersión de corta duración, se alcanzará una relación de conversión alimenticia igual o superior de 1:2 (1g de peso corporal ganado por cada 2 g de alimento suministrado) igualando o superando la conversión alimenticia obtenida con la técnica tradicional por administración oral de la hormona.

Con la aplicación de la técnica de masculinización con la 17α -metiltestosterona por inmersión de corta duración, se alcanzarán incrementos de peso y talla iguales o superiores de 0.0876 g/día y una talla de 8.5 cm, obtenidos con la técnica tradicional por administración oral de la hormona.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Comprobar la efectividad del método de inmersión de corto plazo comparado con el de administración oral para la masculinización inducida por andrógenos en alevines del híbrido rojo de “tilapia” (*Oreochromis* sp.).

Objetivos específicos

- Determinar los efectos de ambos métodos de masculinización sobre el desarrollo gonadal de los alevines del híbrido rojo de tilapia.
- Desarrollar un procedimiento eficaz de masculinización de alevines del híbrido rojo de “tilapia”, que también incluya medidas de seguridad ocupacional para el operario de acuicultura encargado de la reversión.
- Validar y adaptar tecnología para la masculinización de alevines del híbrido rojo de “tilapia”.
- Analizar los costos por unidad (alevín), masculinizado y precriado hasta los 70 días.

I. INTRODUCCIÓN

La tilapia roja (*Oreochromis sp*) muestra una reproducción temprana, fácil de adaptación, además es una especie prolífera, dando como resultado una cantidad de pequeños alevines tan grande que atrofian a toda la población y por ende bajan los rendimientos y encarece los costos de producción, cuando se reproduce naturalmente. (Vendaval, 1999). Entre estas características la reproducción presenta una ventaja ya que los adultos pueden reproducir alevines en estanques con cierta facilidad; no obstante, de no modificar las condiciones de bisexualidad de la población en cultivo a otra de tipo monosexo, las hembras madurarán antes de alcanzar la talla comercial, por lo que éstas destinarán gasto energético para fines reproductivos en detrimento del crecimiento y ganancia de peso con respecto al macho. (Pruginin, 1998).

La investigación se realizó con el fin de asegurar peces de talla y peso homogéneos para la comercialización, ya que la rentabilidad depende de estos factores y se deduce que puede lograrse con una población mono-sexual compuesta de machos, en este caso se va a evitar la reproducción y por lo que se espera un mayor rendimiento y eficiencia.

Los individuos en poblaciones del mono-sexo han aumentado la tarifa de crecimiento somática debido a la evitación de las pérdidas de energía, que se asocian al desarrollo gonadal y a la reproducción. Además, las poblaciones de tilapia del todo-varón son deseables porque alcanzan un tamaño final más grande que las hembras. (Manosroi; *et al*, 2004). Una de las técnicas más comunes para producir las poblaciones del mono-sexo es la inversión inducida del sexo por esteroides (hormonas).

Esto implica la administración de andrógenos sintéticos, debido a esto han surgido métodos viables de administración del esteroide: administración oral y la inmersión de corto plazo de los alevines en esteroides. (Pruginin, 1998).

Los métodos de masculinización inducida por andrógenos de alevines, especialmente el de administración oral, es el más utilizado en el país debido a los buenos resultados obtenidos de reversión y también por falta de experiencias en otros métodos de masculinización, este método presenta el inconveniente que el operario esta en exposición prolongada y esto podría causar daños en la salud a largo plazo, si no existen adecuadas prácticas de manejo de la hormona; por otra parte, aún no se ha divulgado un método

validado de masculinización. Además, en comparación con las técnicas actuales para la inversión esteroide-inducida del sexo de la tilapia, la inmersión a corto plazo reduce el periodo del tiempo que exponen los trabajadores a los esteroides anabólicos.

Al utilizar la técnica de inmersión de corta duración con la 17α -metiltestosterona se alcanzó una reversión sexual superior al 95% de los alevines de “tilapia roja”, superando las técnicas tradicionales de masculinización. Además el objetivo de la investigación fue comprobar la efectividad del método de inmersión de corto plazo comparado con el de administración oral para la masculinización inducida por andrógenos en alevines del híbrido rojo de “tilapia” (*Oreochromis* sp).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Reseña histórica de la especie

La tilapia es un pez teleósteo (Superorden de peces constituido por la mayoría de las especies existentes), del orden Perciforme perteneciente a la familia Cichlidae originario de África, habita en la mayor parte de las regiones tropicales del mundo, donde las condiciones son favorables para su reproducción y crecimiento. (Popma y Lovshin, 1994; Popma y Masser, 1999; NICOVITA, 2002.; INP, 2004; Pechiri y Yakupitiyage, 2005).

En la actualidad, se han clasificado 77 especies de tilapia, y 100 sub especies; agrupadas en cuatro géneros de acuerdo con sus hábitos reproductivos: *Oreochromis*, *Tilapia*, *Sarotherodon* y *Danakilia*. (INP, 2004; PRODUCE, 2004).

Las especies más cultivadas son *Oreochromis aureus*, *O. niloticus* y *O. mossambicus* y varios híbridos de esta especie. La menos deseable es *O. mossambicus* a pesar de que fue la primera especie en distribuirse fuera de África; tanto *O. aureus*, como *O. niloticus* presentan un crecimiento mas rápido y alcanzan mayor tamaño que *O. mossambicus* aunque requieren mayor tamaño para su reproducción. (NICOVITA, 2002).

La tilapia roja es un híbrido proveniente de líneas mejoradas partiendo de las cuatro especies más importantes del género *Oreochromis*. . (NICOVITA, 2002). Debido a su valor comercial y a su valor social, se destina a una alimentación familiar y de autoconsumo, cuando se cultiva a baja densidad en estanques. Su cultivo se realiza en numerosos países, desde América del Norte, América Central (incluyendo al Caribe) a Sudamérica; y en gran parte de los países del Sudeste Asiático, norte de Australia y algunos países europeos. (Popma y Lovshin, 1994).

La cosecha mundial de tilapia cultivada ahora ha sobrepasado 800.000 toneladas métricas, la tilapia está en segundo lugar después de las carpas, mientras que los peces de agua dulce es el más extensamente cultivado del mundo. (Popma y Masser, 1999).

2.2. Taxonomía

La clasificación taxonómica de la tilapia es tal como se menciona a continuación:

Phyllum	Vertebrata
Sub Phylum	Craneata
Super clase	Gnostomata
Serie	Piscis
Clase	Teleostomi
Sub clase	Actinoptergijii
Orden	Perciformes
Sub orden	Percooides
Familia	Cichlidae
Género	<i>Oreochromis</i>
Especie	<i>niloticus</i> , <i>aureus</i> , <i>mossambicus</i> .

(INP, 2004; PRODUCE, 2004).

2.3. Mejoramiento genético de la tilapia

Entre las tilapias rojas comerciales existen especies mejoradas genéticamente, mutantes e híbridos de dos o tres especies;

Roja Florida: *O. mossambicus* ALBINA x *O. urolepis hornorum*.

Roja Manzala: *O. aureus* ROJA., *O. niloticus* (Egipcia)

Roja (Roja Jumbo No 1: Roja Florida x *O. niloticus*).

Roja Jumbo No 2: Roja Florida USA x Red Florida ISRAEL

Roja Taiwanesa y Filipina: *O. mossambicus* ALBINA x *O. niloticus*. (Popma y Masser, 1999).

2.4. Anatomía

Cada parte tiene una función importante y es vital comprenderlas para el desarrollo del cultivo. (Popma; *et al*, 1999).

2.4.1. Partes anatómicas de la tilapia

A continuación se muestran las partes externas e internas de la tilapia (Figura 1). Cada parte tiene una función importante y es vital comprenderlas para el desarrollo del cultivo (Barrón, 2005).

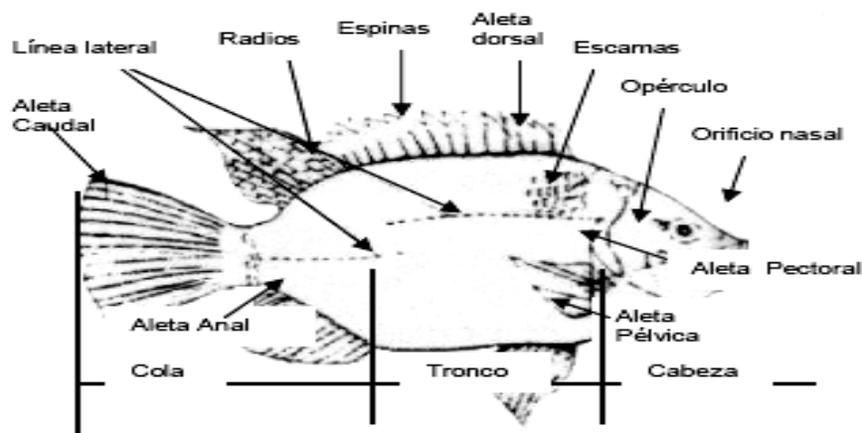
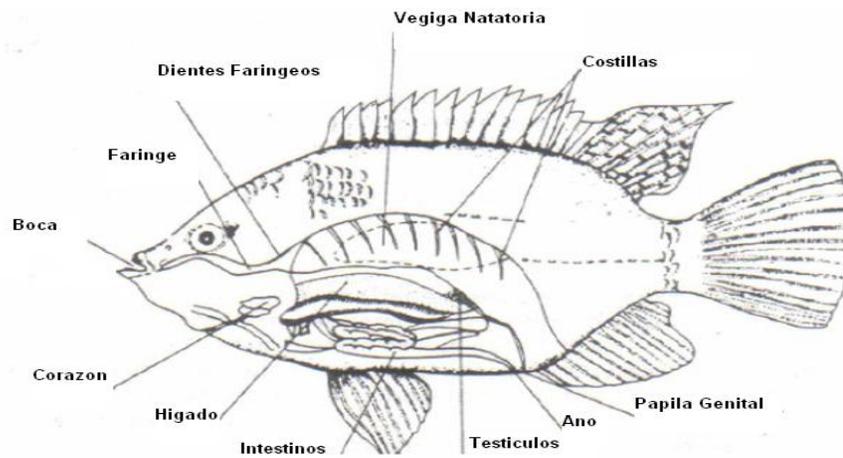


Figura 1. Partes anatómicas externas e internas de la tilapia.

2.5. Características físicas de la tilapia

La tilapia se puede identificar fácilmente por una línea lateral interrumpida característica de la familia de los Cichlidos. Son comprimidas lateralmente y profundas con las aletas dorsales largas. La porción delantera de la aleta dorsal es espinada pesadamente. Las espinas dorsales también se encuentran en la pelvis y las aletas anales. Hay generalmente barras verticales anchas, abajo en los jaramugos y a veces en los adultos. (Popma y Masser, 1999). La madurez sexual es temprana, generalmente con un tamaño de 10-12 cm de largo, a la edad de 5-6 meses. La reproducción se realiza después de un breve rito nupcial, en el cual los machos construyen nidos en el fondo de los embalses de agua donde habitan, con menos de 1 m de profundidad, donde la hembra desova entre 1-2 huevos por gramo de peso. La incubación es bucal ya que los huevos después de ser

fertilizados son recogidos por la madre llevándolos en su boca hasta el nacimiento. Las larvas quedan en la cavidad bucal hasta la reabsorción de su vesícula vitelina, durante un periodo de tiempo que oscila entre 7-14 días, dependiendo de la temperatura. Cuando han pasado las etapas de huevo y alevín, las crías salen de la boca de la madre a tiempos muy cortos, y siempre con el cuidado de la misma, que los defiende del peligro de depredadores. (Pruginin, 1998; Mariño, 2006).

La tilapia es resistente a enfermedades, se reproduce con facilidad, consume una gran variedad de alimentos y tolera aguas con bajas concentraciones de oxígeno disuelto.

Por otra parte Bocek, (2003); INP, (2004) mencionan que la tilapia se puede cultivar en estanques, jaulas y arrozales inundados. La mayoría de las especies de tilapia pueden crecer en aguas salobres y algunas se adaptan al agua de mar.

2.6. Hábitos alimenticios

La tilapia se alimenta filtrando el fitoplancton (algas microscópicas) y otros materiales suspendidos en el agua, además puede alimentarse de organismos que están en el fondo. (MAG, 2001).

2.6.1. Clasificación de la tilapia

[Tovar](#) (s.f.), menciona que todas las tilapias tienen una tendencia hacia hábitos alimenticios herbívoros, a diferencia de otros peces. Al mismo tiempo señala que las tilapias se clasifican en tres grupos principales:

a) Especies omnívoras:

Oreochromis mossambicus es la especie que presenta mayor diversidad en los alimentos que ingiere. *O. niloticus*, *O. spilurus* y *O. aureus* presentan tendencia hacia el consumo de zooplancton.

b) Especies fitoplanctófagas:

Sarotherodon galilaeus y *O. macrochir* son especies que se alimentan principalmente de fitoplancton (algas microscópicas). *S. melanotheron* consume células muertas de fitoplacton, *O. alcalicus* consume algas que crecen sobre la superficie de las rocas.

c) Especies herbívoras:

Tilapia rendalli, *T. sparmanni* y *T. zillii* consumen vegetación macroscópica. Para poder cortar y rasgar plantas y hojas fibrosas poseen dientes faríngeos especializados, y un estómago que secreta ácidos fuertes.

Los requerimientos nutricionales y los hábitos alimenticios de los juveniles difieren considerablemente de los adultos. Los juveniles casi siempre son zooplanctófagos (mayor requerimiento de proteína) y posteriormente su alimentación se vuelve fitoplanctófaga o detritívora.

2.7. Características físico químicas del agua

2.7.1. Temperatura

La distribución de la tilapia se restringe a áreas cuyas temperaturas en época lluviosa sean superiores a los 21°C. El rango óptimo oscila entre 25° y 35°C. (PRODUCE, 2004). A diferencia de Popma y Masser (1999), quienes mencionan que la temperatura oscila entre 22 a los 26°C fuera de lo cual decae la actividad metabólica de los peces. Mientras tanto Tovar (s.f.) establece que prefieren temperaturas elevadas. Por ello su distribución se restringe a áreas cuyas isothermas de época lluviosa sean superiores a los 20°C. El rango natural oscila entre 20° y 30°C, pudiendo soportar temperaturas menores.

La tilapia es altamente tolerante a las altas temperaturas y las temperaturas letales se ubican entre los 10 a los 11°C, y no se alimenta en rangos inferiores a los 16 y 17°C. Para su crecimiento óptimo es necesario temperaturas entre 29 y 31°C. (Mariño, 2006). Las diferencias encontradas de temperatura se deben posiblemente a la ubicación o la zona donde se han realizado los estudios relacionados al cultivo y la producción de tilapia.

2.7.2. pH

El pH ideal oscila entre 5-9, valores fuera de este rango ocasionan aletargamiento, disminución en la reproducción y el crecimiento. Para mantener el pH en este rango, es necesario encalar cuando esté ácido o hacer recambios fuertes de agua y fertilizar si este se torna alcalino.

Cuando se incrementa el pH y se disminuye la concentración de oxígeno disuelto por exceso de alimento, de abono orgánico o de muerte masiva del fitoplancton en época de lluvias, se incrementa la concentración de amonio no ionizado (NH₃) que puede ocasionar

la muerte de los peces. Si le sucede esto debe hacer recambio de agua. (Pruginin, 1998; Popma y Masser, 1999).

Los valores del pH del agua que se recomienda prevalezcan en un cultivo no se refieren tanto a su efecto directo sobre la tilapia, sino más bien a que se favorezca la productividad natural del estanque. Así, el rango conveniente del pH del agua para piscicultura oscila entre 7 y 8, mientras más estable permanezca el pH, mejores condiciones se propiciarán para la productividad natural misma que constituye una fuente importante de alimento para la tilapia cuando el cultivo se desarrolla en estanques. (Tovar, s.f.).

2.7.3. Oxígeno disuelto

Uno de los gases fundamentales para los peces es el Oxígeno disuelto, el cual es indispensable para la sobrevivencia de los organismos acuáticos. La concentración normal de oxígeno para una correcta producción, es la de 5 ppm (2-3 mg/L), ya que el metabolismo y el crecimiento disminuyen cuando los niveles son bajos o se mantienen por períodos prolongados. La tilapia tiene la habilidad de extraer el oxígeno disuelto, por ello no se recomienda mantener una alta producción de plantas acuáticas superficiales en los mismos estanques, ya que ellas impiden la entrada de oxígeno de la atmósfera, por efecto de los vientos. (PRODUCE, 2004).

Según MAG (2001) este es el factor más importante que afecta el crecimiento de tilapia, además el contenido de oxígeno en el agua no debe ser menor a 3 mg/L.

De acuerdo a Pruginin (1998); NICOVITA (2002); Obregón y Duván (2005) los factores que disminuyen el nivel de oxígeno disuelto son:

- Descomposición de la materia orgánica.
- Alimento no consumido.
- Heces.
- Animales muertos.
- Aumentó de la tasa metabólica por el incremento en la temperatura (variación de la temperatura del día con respecto a la noche).
- Respiración del plancton (organismos microscópicos vegetales y animales que forman la cadena de productividad primaria y secundaria).
- Desgasificación: salida del oxígeno del agua hacia la atmósfera.
- Nubosidad: en días opacos las algas no producen suficiente oxígeno.

- Aumentó de sólidos en suspensión: residuos de sedimentos en el agua, heces, etc.
- Densidad de siembra.

Por otra parte Obregón y Duván (2005) señalan las consecuencias de las exposiciones prolongadas a valores bajos de oxígeno disuelto:

- Mayor liberación de amonio y heces.
- Competencia por el alimento.
- Tallas heterogéneas.
- Mayor estrés por sobre población.
- Aumenta la conversión alimenticia (relación alimento consumido/aumentó de peso).
- Disminuye la capacidad reproductiva.

2.7.4. Amoníaco

Es un producto de la excreción (orina de los peces) y de la descomposición de la materia (degradación de la materia vegetal y de las proteínas del alimento no consumido). El amonio no ionizado (forma gaseosa) y primer producto de excreción de los peces es un elemento tóxico. La toxicidad del amonio en forma no ionizada (NH_3), aumenta con una baja concentración de oxígeno, un PH alto (alcalino) y una temperatura alta.

La mortalidad masiva de tilapia ocurre dentro de algunos días cuando los peces se transfieren repentinamente al agua con grandes concentraciones de amoniaco ionizado de hasta 2mg/L; sin embargo, cuando se ha adaptado gradualmente a niveles subletales, aproximadamente la mitad de los peces sobrevivirá 3 o 4 días a las concentraciones de amoniaco ionizado. (Popma y Masser, 1999).

La concentración alta de amonio en el agua causa bloqueo del metabolismo, daño en las branquias, afecta el balance de sales, produce lesiones en órganos internos y susceptibilidad a las enfermedades, reducción del crecimiento y sobrevivencia, exoftalmia (ojos brotados) y ascitis (acumulación de líquidos en el abdomen). El nivel de amonio se puede controlar con algunas medidas de manejo como: Secar y encalar el suelo dependiendo de los valores de pH menor que 5 (Pruginin, 1998; NICOVITA, 2002).

2.7.5. Turbidez

La turbidez del agua tiene dos tipos de efectos: uno sobre el medio y se debe a la dispersión de la luz y el otro actúa de manera mecánica directamente sobre los peces, al

impedir la libre penetración de los rayos solares, la turbidez limita la productividad natural del estanque, lo que a su vez reduce la disponibilidad de alimento para la tilapia. Es por ello que se recomienda que el agua de los estanques no sea turbia para que el fitoplancton se pueda desarrollar adecuadamente. (PRODUCE, 2004).

La materia coloidal en suspensión puede dañar físicamente las branquias de los peces provocando lesiones e infecciones. En caso de que las aguas sean demasiado turbias (>100 ppm) conviene propiciar su sedimentación previamente a su introducción a los estanques de cultivo, bien sea por medios físicos y/o químicos. ([Tovar, s.f.](#)).

2.7.6. Alcalinidad y dureza

Es la medida de la concentración de los iones de Ca y Mg expresada en ppm de su equivalente a carbonato de calcio. Existen en aguas blandas menores de 100 ppm y en aguas duras mayores de 100 ppm. (INP, 2004).

Los efectos de la alcalinidad y de la dureza del agua no son directos sobre los peces, sino más bien sobre la productividad del estanque. Una alcalinidad superior a 175 mg CaCO₃/L (carbonato de calcio por litro) resulta perjudicial, debido a las formaciones calcáreas que se producen y que afectan tanto a la productividad del estanque como a los peces al dañar sus branquias. Una alcalinidad de aproximadamente 75 mg CaCO₃/L se considera adecuada y propicia para enriquecer la productividad del estanque. ([PRODUCE, 2004](#)).

La concentración de carbonatos y bicarbonatos en el agua y los valores de alcalinidad y dureza son aproximadamente iguales. La alcalinidad afecta la toxicidad del sulfato de cobre en tratamientos como algicida, en baja alcalinidad aumenta la toxicidad de éste para los peces.

Para valores por debajo de 20 ppm es necesario aplicar 200 g/m de carbonato de calcio, entre dos y tres veces por año. (NICOVITA, 2002).

2.8. Sistema de cultivo

2.8.1. Jaulas

Según McGinty y Rakocy (1995), la cultura de la jaula ofrece varias ventajas y desventajas:

Ventajas

- Flexibilidad de la gerencia

- Bajo costo de cosecha.
- Observación cercana de la respuesta y de la salud de alimentación de los peces.
- La inversión de capital es relativamente baja comparada a otros sistemas de crías.

Desventajas.

- Mayor riesgo de daño a las jaulas por depredadores o tormentas.
- Menos tolerancia de los peces a la calidad del agua.
- Mayor riesgo de brotes de enfermedades.

2.8.1.1. Diseño de la jaula

Las jaulas utilizadas pueden ser confeccionadas en red de plástico o en hierro plastificado o aluminio. La malla retiene los ejemplares pero permite el intercambio de agua que retira los desechos. (Popma y Lovshin, 1994). Las jaulas se deben construir de materiales que son durables, ligeros y baratos, por ejemplo acoplamiento de alambre soldado con autógena revestido galvanizado y plástico, la red plástica y la red de nylon.

El acoplamiento de alambre soldado con autógena es durable, rígida y más fácil de limpiar que el material flexible, pero es relativamente pesada e incómoda. El acoplamiento de nylon es barato, durable, ligero y fácil de dirigir. Sin embargo, el nylon es susceptible al daño de depredadores. (McGinty y Rakocy, 1995).

2.8.1.2. Tamaño de la jaula

El tamaño de las jaulas depende de la naturaleza del cultivo. Las jaulas para la reproducción y alevinaje suelen ser pequeñas para facilitar su manejo y tener mejor acceso a los peces en forma individual. Para la engorda, el volumen de las jaulas puede variar entre 6 a 20 m³ cuando la explotación se efectúa con tecnología relativamente sencilla, mientras que para explotaciones industriales tecnificadas los volúmenes de las jaulas fluctúan entre 50 y 100 m³. (Tovar, s.f.)

2.8.2. Tanques

La producción de larvas y alevines de tilapia en tanques se hace, cuando no se cuenta con estanques suficientes debido a la falta de espacio o a su alto costo de construcción. (Bocek, 2003.). Según Rakocy (1989), la producción de tilapia en tanques ofrece varias ventajas y desventajas que se presenta a continuación:

Ventajas

- Los tanques permiten al productor de peces manejar fácilmente la acción y ejercer un grado relativamente alto de control del medio ambiente (la temperatura del agua, pH, basura).

Desventajas.

- Altos costos de inversión inicial requerida para el cultivo intensivo.
- El costo de agua de bombeo y de aireación aumenta costos de producción.
- El confinamiento de peces adentro de los tanques en altas densidades crean condiciones agotadoras y aumentan el riesgo de brotes de enfermedades.

2.8.2.1. Diseño del tanque

Los materiales más durables del tanque son de cemento, así mismo pueden hacerse de otros materiales como fibra de vidrio o plástico. En este sistema es posible controlar más eficientemente el manejo del agua y el mantenimiento diario que en los otros sistemas. Los peces se pueden recolectar fácilmente con redes de mano o pequeños trasmallos. Los tanques bien contruidos pueden durar muchos años y el material del tanque debe ser no tóxico y anticorrosivo. (Tovar, s,f; Rakocy, 1989; Bocek, 2003).

2.8.2.2. Tamaño del tanque

La superficie de los tanques varía entre 10 y 300 m² y la profundidad entre 0,5 y 2,0 m. La forma y estructura de los tanques también son muy variables. (Tovar, s.f.).

2.8.3. Estanque

2.8.3.1. Estanque de crecimiento o engorde

Este sistema es el más sencillo y requiere únicamente de un estanque. El estanque se siembra con alevines, los cuales son cultivados durante un ciclo completo de producción, durante este tiempo cierta reproducción ocurre después de cosechar el pescado, los alevines producidos se mantienen en un lugar adecuado mientras se prepara el estanque. Los alevines son luego sembrados en el mismo estanque, el ciclo de producción es de 4 a 6 meses. (Bocek, 2003).

2.8.3.2. Estanque de reproducción

Los peces reproductores de aproximadamente 100 gramos se siembran en el estanque para que desoven, las larvas crecen a alevines pesando de 1 a 15 gramos. La cosecha de alevines se inicia de 5 a 7 semanas después de haber sembrado a los reproductores. Los alevines se cosechan parcialmente con un trasmallo a intervalos de 1 a 2 semanas y se trasladan a otras instalaciones para que se desarrollen. La luz del trasmallo varía entre 6 y 12 mm dependiendo del tamaño deseado del alevín. (Bocek, 2003).

La producción de larvas y alevines de tilapia en estanques ofrece ventajas y desventajas:

Ventajas.

- Los peces pueden utilizar los alimentos naturales.

Desventaja.

- La producción de alevines, pueden ser tan grande que el descendiente compite por el alimento con los adultos, (alto nivel de la reproducción).

2.8.3.3. Diseño

No hay restricción en tamaño del estanque, se recomiendan tanques pequeños con sus respectivos drenajes, esto facilita la cosecha de los pescados. El fondo de los estanques se debe secar para suprimir cualquier alevín que puede interferir con el ciclo siguiente de la producción. (McGinty y Rakocy, 1995).

2.9. Reproducción

Las tilapias poseen un tipo de reproducción bisexual, es decir que los espermatozoides y los óvulos se desarrollan en individuos machos y hembras separados. Las glándulas sexuales, llamadas gónadas, son los ovarios en las hembras y los testículos en el macho, a diferencia de otros seres vivos que ya nacen con el sexo definido, en la tilapia, dichas glándulas se empiezan a diferenciar en la etapa temprana de su desarrollo, entre el día 16 al 20 post emergencia. (Pruginin, 1998). Varios factores deben ocurrir para que se de la maduración sexual en la tilapia y los más importantes son: fotoperiodo, es decir, los cambios que ocurren en la duración del día solar, temperatura, la cual debe permanecer constante en un período de tiempo por arriba de 24°C y el último y más importante es la presencia del sexo opuesto. La tilapia generalmente alcanza la madurez e inicia la reproducción a un tamaño de 12 cm, aunque en altas poblaciones se ha observado

hembras de 9 cm incubando huevos. Con el incremento de peso también se incrementa el número de huevos producidos. Los huevos son incubados en la boca de la hembra durante 48 a 72 horas hasta que eclosionan, posteriormente las crías son protegidos durante 7 a 12 días por los padres que alejan a otros peces depredadores. (Pruginin, 1998; Popma y Masser, 1999; MAG, 2001).

Los reproductores deben tener entre 10 y 20 meses de edad y provenir de lotes seleccionados previamente, que hayan tenido una alimentación baja en grasa para llegar a su edad reproductiva con una buena capacidad abdominal. Estos animales deben ser levantados en lotes con condiciones superiores a los demás. El porcentaje de proteína debe estar cercano al 32% para que tenga el desarrollo corporal adecuado al momento de alcanzar la etapa reproductiva. (Popma y Masser, 1999; NICOVITA, 2002).

Es importante luego de cada ciclo, separar los reproductores y proporcionar un descanso de 15 días como mínimo, para mantener picos de producción constantes y para realizar tratamientos preventivos con el fin de evitar cualquier tipo de enfermedad (Popma y Masser, 1999).

2.9.1. Requisitos ambientales para la reproducción de tilapia

Pruginin (1998); Popma y Masser (1999); NICOVITA (2002), mencionan algunos parámetros óptimos de reproducción de la tilapia:

- Temperatura de 25 a 30 °C.
- Dióxido de carbono de 5 a 6 ppm.
- Turbidez 25 cm.
- pH de 7 - 8
- Amonio,1
- Nitritos de 4.6 a 5
- Alcalinidad y dureza de 80 a 100 mg de CaCO₃/L.

2.9.2. Selección de reproductores

Según Pruginin (1998); NICOVITA (2002), definen las siguientes características que deben de cumplir los reproductores: edad machos (4 a 6 meses), hembras (3 a 5 meses), peso 50 a 100 g, longitud 10 a 12 cm, la temperatura optima a la que desova, es de 25 a 30°C y

la mínima de 21°C, la producción de huevos de cada hembra en rango de 100 a 200 huevos/desove, con un promedio de 100 a 400 huevos/desove. Además deben poseer un cuerpo proporcionalmente ancho comparado con su longitud, es decir, que su cabeza ocupe más de 1.5 veces el ancho del cuerpo, tener cabeza pequeña y redonda, poseer buena conformación corporal (buen filete), pedúnculo caudal corto, libre de toda mal formación, poseer buena coloración y en el caso de la tilapia roja, no deben poseer manchas de cualquier otra coloración.

2.9.3. Estanques de reproducción

Según Rakocy (1989); NICOVITA (2002), los estanques de reproductores deben tener un área entre 500 y 1500 m para facilitar la recolección de alevines y la cosecha. Para asegurar una producción alta y constante, es importante monitorear con frecuencia parámetros como oxígeno disuelto, pH y sólidos disueltos.

Los estanques pueden ser exteriores e interiores. Generalmente se emplean estanques exteriores para las fases de maduración de reproductores y desove. Los estanques interiores se utilizan para los procesos de reversión y precría y son cubiertos con algún tipo de plástico para mantener la temperatura constante. En los estanques de reproducción es necesario tener sistemas anti pájaros como mallas, para evitar la depredación de camadas y ataques a reproductores adultos.

2.9.4. Selección de la especie

Las especies más apropiadas para la cultura de la tilapia en tanques en los E.E.U.U. son: tilapia nilótica, tilapia aurea, tilapia roja de la Florida, tilapia roja de Taiwán e híbridos entre estas especies. La selección de una especie depende principalmente de factores como: disponibilidad, personalidad jurídica, tarifa de crecimiento y de tolerancia al frío. Desafortunadamente, la tilapia nilótica tiene la tarifa de crecimiento más alta bajo condiciones tropicales, se restringe con frecuencia, la tilapia roja de la Florida que crece casi tan rápido como la nilótica y tiene un aspecto anaranjado rojizo atractivo, (Rakocy, 1989; Campo, 2001).

2.9.5. Manejo del alevín

La colecta de larvas se realiza con una red de malla fina en tanques con alto florecimiento de fitoplancton, las larvas son difíciles de ver y de remover con la red. Las larvas se

pueden recoger con una red de arrastre de malla de abertura bien fina (1.5 a 2 milímetros o malla mosquitera) y se debe halar cuidadosamente a través del tanque cada 3 a 4 días, comenzando 10 u 11 días después de haber sembrado los peces reproductores. (Pruginin, 1998). La red se puede colocar un poco retirada del fondo del tanque para que los peces reproductores puedan escapar por debajo. De esta forma se evita capturar a las hembras ovadas que pueden quizá soltar los huevos, los cuales al no ser incubados pueden morir reduciendo la producción de larvas.

Una tercera alternativa es esperar de 17 a 21 días después de sembrar los peces reproductores y drenar el tanque para cosechar las larvas y los peces reproductores. Este período de tiempo es usado para temperaturas que fluctúan de 25 a 30°C o menos.

Las hembras de *Oreochromis niloticus* por lo común sueltan las larvas de la boca cuando son capturadas; sin embargo, las bocas de *O. aurea* y *O. mossambica* se deben inspeccionar para buscar huevos y larvas.

Según Pruginin (1998); NICOVITA (2002), son requerimientos básicos para producción de alevines:

1. Las instalaciones de cultivo requieren de agua abundante, de buena calidad y libre de sustancias químicas tóxicas.
2. Las instalaciones deben limpiarse y recibir mantenimiento rutinario. Las jaulas deben cepillarse para eliminar organismos y detritos orgánicos que tapan la malla y no permiten la circulación del agua.
3. Los tanques y estanques deben construirse en lugares donde no se inunden. Las entradas de agua y drenajes deben tener filtros para evitar depredadores.
4. Los estanques deben recibir luz solar para incrementar el plancton y así proporcionar alimento natural.
5. Los estanques de reproducción y los de precría se deben secar después de cada ciclo de producción para eliminar pequeñas tilapias, otros peces y organismos no deseados.
6. Los estanques y tanques utilizados para producción comercial de alevines de tilapia deben vaciarse completamente y tener un área de cosecha.

2.10. Alimentación

La nutrición en las tilapias se basa en el tipo de alimento que se le suministra, pudiendo ser exclusivamente proveniente de la fertilización de los estanques o reservorios (en forma orgánica e inorgánica) para generar diatomeas y clorofitas que completan su nutrición, no requiriendo alimento balanceado, se logra una ganancia de peso a bajo costo; se debe monitorear la dinámica del oxígeno disuelto en el medio de cultivo. (PRODUCE, 2004).

La dieta debe ser alimentación completa, que contenga las vitaminas y los minerales. La dieta para tilapia debe poseer un contenido proteico de 32 a 36% para la tilapia de 1 a 25 gramos y 28 a 32% para peces más grandes.

Las alimentaciones flotantes permiten la observación de la respuesta de alimentación y son conservados con eficacia por un anillo de alimentación. Puesto que toma cerca de 24 horas para que el concentrado flotante se desintegren, los peces pueden ser alimentados una vez diariamente con la cantidad apropiada, pero dos veces al día las alimentaciones son mejores.

Existen Tablas de nivel de entrada o los programas que se requieren para hacer incrementos periódicos en la ración diaria. Los ajustes de alimentación se pueden hacer diarios, semanales o cada 2 semanas. (Tabla 1).

Tabla 1. Requerimientos nutricionales de la tilapia

Estadio	Proteína (%)	Lípidos	Carbohidratos (%)
Alevines	35-50	10	< 25
0.02-2.0 g	25-40	10	25-30
2.0-35.0 g	25-35	6-8	25-30
De 35 g hasta la cosecha	30-32	6-8	25-30

Los peces deben ser muestreados cada 4 a 6 semanas para determinar su peso medio y el nivel de entrada correcto para ajuste calculado en la ración diaria.

Los ajustes de ración se pueden hacer entre los períodos de muestreo estimando el crecimiento de los peces basado en un cociente de conversión asumido de la alimentación. Ejemplo: con un cociente de conversión de la alimentación de 1.5, los peces ganarían 10 gramos para cada 15 gramos de alimentación. El nivel de entrada correcto,

expresado como el por ciento de peso corporal, es multiplicado por el peso estimado para determinar la ración diaria. (McGinty y Rakocy, 1995; Popma y Masser, 1999).

2.11. Enfermedades

2.11.1. Enfermedades bacterianas

Bacterias Gram negativas que ocasionan el síndrome de la septicemia hemorrágica bacteriana (SHB). Las tilapias afectadas por este síndrome muestran signos de oscurecimiento, exoftalmia, anorexia, y con áreas hemorrágicas o ulceradas en las bases de las aletas pectorales y ventrales, y en la región ocular. A nivel interno, es frecuente observar palidez hepática y la presencia de focos hemorrágicos. Se detecta necrosis del hígado, corazón, bazo y musculatura esquelética, así como necrosis en el tejido hematopoyético renal.

En tilapias, la estreptococosis suele producir una enfermedad crónica caracterizada por la presencia de granulomas ingresando al bazo, cerebro, hígado y riñón, exudado purulento en tejido muscular con encapsulamiento melanizado cerca de la línea lateral. Las tilapias afectadas pueden mostrar movimientos natatorios desorientados y erráticos, dado que se produce una meningoencefalitis, exoftalmia uni o bilateral con o sin opacidad de la córnea, hemorragia periocular. (Pharma, 2004).

2.11.2. Principales enfermedades parasitarias

Existe un listado muy amplio de parásitos comunes encontrados en tilapias, tanto en ambientes silvestres como bajo condiciones de cultivo para diferentes países de América Latina, cobrando algunas de ellas singular importancia sobre todo en los procesos de reversión sexual, tal como sucede con algunos protozoos y monogeneos, los cuales pueden dar lugar a altas mortalidades o finalizar el mencionado proceso con peces sumamente debilitados o con un alto porcentaje de animales no reversados. (Pharma, 2004). Entre las principales parasitosis se encuentran:

2.11.2.1. Ciliados

Ichthyophthirius multifiliis, conocido como “ich” o “punto blanco”, y cuyo tamaño es relativamente grande, es capaz de causar serias pérdidas en tilapias cultivadas en aguas dulces. El parásito provoca lesiones a nivel de la piel, branquias, faringe, toda la superficie de estas especies (en especial alevines) puede ser cubierta con trofontes y tomites del

ciliado dentro de las 48 horas de la infección inicial. La temperatura ideal para su desarrollo está alrededor de los 24°C.

Chilodonella sp. Ha sido observado como un parásito a nivel de la piel y branquias de tilapias cultivadas (especialmente alevines en la fase de inversión de sexo), y es de mayor importancia en casos donde los peces hayan sido sometidos a factores estresantes.

Los tricodínidos, que incluyen los géneros *Trichodina*, *Trichodinella* y *Tripartiella*, son ciliados peritricos normalmente localizados en las branquias y en la piel y constituye un “acompañante casi natural, pero molesto” durante el proceso de reversión sexual tanto en tilapias cultivadas en agua dulce como salobre y salada. Estos parásitos se les consideran como indicadores de altas densidades y malas condiciones de higiene de los estanques. *Trichodina* spp. Constituye un problema muy especial para aquellas tilapias que incuban las larvas en la boca, por cuanto los ciliados invaden la boca y transmiten la infección a las larvas incubadas.

2.11.2.2. Flagelados

Ichthyobodo necator (*Costia necatrix*), ha sido reconocido como de gran significado patológico en larvas de tilapias, sobre todo cuando la densidad poblacional de las mismas es excesiva, y cuando los peces están estresados. Generalmente, *I. necator* se encuentra en las branquias, y su detección es a veces muy difícil por cuanto es un parásito muy pequeño. Los peces afectados muestran señales de debilitamiento, las aletas están plegadas, hay opacidad en la piel, las branquias se presentan hiperplásicas con abundante producción de moco.

Amyloodinium ocellatum (aguas saladas). En los ejemplares más pequeños, la infección parece estar limitada a la piel, mientras que en ejemplares de mayor tamaño la infección se establece en los filamentos branquiales y en el tegumento de la región buco-faríngea. El control de la amiloodinosis puede efectuarse mediante la aplicación de baños en sulfato de cobre pentahidrato a una concentración de 0.75 ppm o cambio de salinidad del agua.

Piscinoodinium pillulare, se localiza a nivel de la piel y filamentos branquiales, si bien a veces es capaz de penetrar por debajo de la piel para ubicarse en el tejido subcutáneo. *P. pillulare* es considerado un potencial problema patológico emergente en operaciones de piscicultura.

El tratamiento más común para la mayoría de estos protozoos es mediante la aplicación de baños en formol.

2.11.2.3. Monogéneos

Generalmente parásitos que tienen una acción exfoliatriz sobre la piel y las branquias de los peces mantenidos en aguas dulces o saladas. Estos parásitos se alimentan de mucus y epitelio de la superficie del cuerpo, causando lesiones externas que erosionan y exponen la dermis a infecciones por bacterias, virus y hongos, conduciendo a la muerte. Al igual que el caso de los tricodínidos se les consideran “acompañantes casi naturales”, pero en este caso son “sumamente agresivos”. Se les encuentra presentes en los procesos de reversión sexual, donde se encuentra favorecida la infestación por su ciclo de vida directo al encontrarse altas densidades de peces por área. Los parásitos son susceptibles a ser controlados por la aplicación de baños en formol, permanganato de potasio, órganofosforados, agua oxigenada o cambios de salinidad, repetidos cuantas veces sean necesarias. Estos parásitos pueden ocasionar mortalidades en un corto período de tiempo.

2.11.2.4. Digéneos

Metacercarias del diplostomátido *Diplostomum compactum* provocan una condición conocida como “tremátode del ojo”, “catarata” o “ceguera parasitaria” en tilapias, así como en especies autóctonas de cíclidos, en varios países de América Central y América del Sur. La importancia de esta parasitosis es que, cuando la infección es elevada, el aspecto tan desagradable que presentan las tilapias afectadas provoca el rechazo por el público consumidor, lo que significa que el producto no puede ser fácilmente comercializado en forma fresca entera.

2.12. Proceso de reversión sexual

La tilapia roja muestra características buscadas por los productores: su fácil adaptación, amplia resistencia, rápido crecimiento y elevada productividad, la hacen una de las especies favoritas para los sistemas de cultivo en el medio rural. Con la salvedad que maduran antes de la talla comercial (300–500 g), por lo cual el pez gasta energía en productos sexual y no en carne, la hembra incuba los huevos ya fertilizados en su boca y en ese tiempo no come, presentando menor rendimiento en talla y peso con respecto al macho. (Pruginin, 1998; Vendaval; *et al*, 1999; Obregón; *et al*, 2005), al mismo tiempo su

elevada tasa reproductiva genera un excedente de peces que trae como consecuencia sobrepoblación en el estanque provocando inconvenientes para el desarrollo, entre estos factores se encuentran: la reducción de oxígeno disuelto, mayor liberación de amonio y heces, competencia por el alimento, tallas heterogéneas y mayor estrés por sobrepoblación, baja los rendimientos y encarece los costos de producción. Para mejorar la rentabilidad, resulta indispensable manejar poblaciones masculinizadas, los individuos en poblaciones de mono-sexo han aumentado la tarifa de crecimiento somática debido a la evitación de las pérdidas de energía que se asociaron al desarrollo gonadal y a la reproducción. (Fisheries, 1990; Pruginin, 1998; Pechsiri y Yakupitiyage, 2005). Por esta razón las poblaciones de tilapia de todo-varón son deseables porque estos alcanzan un tamaño final más grande que las hembras.

En los cultivos de tilapia, muchas alternativas se han sugerido para alcanzar las poblaciones del monosexo, a través de diferentes técnicas en las que destaca la reversión sexual por su amplio uso, que consiste en la aplicación de hormonas esteroides en etapas tempranas de su desarrollo, aún cuando no se diferencian los tejidos gonádicos para producir poblaciones masculinizadas. (Mires, 1995; Civa, 2003; Pechsiri y Yakupitiyage, 2005). Esto implica la administración de andrógenos sintéticos (producir a poblaciones masculinas) o de estrógenos (producir a poblaciones femeninas). Varios métodos de administración del esteroide son posibles, incluyendo la inyección, microencapsulación, alimentación del esteroide, y la inmersión del alevín en soluciones esteroides. (Gale; *et al*, 1996; Pruginin, 1998).

Al mismo tiempo existen cualidades relacionadas con la determinación del sexo de la tilapia y que permiten la técnica de la reversión sexual, entre estas tenemos las siguientes: El sexo se determina en un estado relativamente final en el desarrollo de los alevines (durante las 3 ó 4 semanas después de la eclosión) cuando estos miden menos de 18 a 20 mm de longitud. El sexo es muy inestable poco después de la eclosión y puede ser afectado por factores internos y externos.

Se encontró que la administración de andrógenos durante este periodo crítico puede revertir por completo a la población de alevines (o al menos a la mayoría), en machos efectivos (Pruginin, 1998; Civa, 2003).

2.12.1. Administración oral del esteroide

La producción de las poblaciones del monosexo se ha alcanzado con éxito por la administración oral de la hormona esteroide natural o sintética masculinización o feminización con diferencialidad sexual de los peces. (Pruginin; 1998; Martin; *et al*, 1999). Esta técnica ha sido ampliamente utilizada, usando las hormonas para alterar los cocientes del sexo de peces, se han demostrado en la *Perca eurasiática*, *Perca fluviatilis*, *Pomoxis nigromaculatus*, *Europeo seabass*, *Dicentrarchus labrax*, tilapia de *E uryhaline*, *Oreochromis mossambicus*, *Pikeperch*, *Lucioperca de Stizostedion*, *trucha de arco iris*, *Salmon gairdneri* y siluro africano, *Clarias gariepinus*. (Manosroi; *et al*, 2003).

Hay muchos andrógenos que pueden ser utilizados, pero cuando se suministra oralmente, los más utilizados son el etiniltestosterona (ET) y el metilttestosterona (MT). (Pruginin, 1998).

La magnitud de la respuesta a estos promotores del crecimiento depende de muchos factores, edad, tamaño, etapa de desarrollo, temperatura, salinidad, alimenticios y dietéticos, duración del tratamiento, estación, y método de uso. (Higos, 1982; Okimoto; *et al*, 1992).

A pesar de estas variables, el uso de esteroides anabólicos se ha encontrado para producir constante y con frecuencia mejoras dramáticas en crecimiento. Hay considerablemente menos información sobre la eficacia de incorporar las hormonas exógenas en las dietas de peces de aguas cálidas. Con respecto a varias especies de tilapia, han sido varias las investigaciones en los efectos anabólicos de andrógenos. Estos estudios se han centrado sobre todo en los efectos de masculinización que resultan del uso perinatal de andrógenos, la información está disponible en la utilidad en fases más posteriores del crecimiento y del desarrollo en estos factores antes mencionados. (Okimoto, 1992). Al mismo tiempo ha presentado la evidencia que puede el Metilttestosterona aumentar la eficiencia de la digestión o de la absorción en las vísceras de un salmón.

La información disponible sobre el efecto de hormonas exógenas en crecimiento en peces ha venido sobre todo del trabajo sobre las especie de agua frías, principalmente salmónidos. En estos peces, se han utilizado tanto las hormonas de tiroides como los esteroides anabólicos para promover el crecimiento. (Okimoto, 1992).

Para tratar a los alevines en la reversión sexual, deben asegurarse grandes cantidades recientemente nacidos, de una edad y tamaño más o menos uniforme (Pruginin, 1998), esto se puede llevar a cabo almacenando en unos pequeños estanques reproductores de tilapia en una densidad de 2 peces/m³, se pueden sembrar 2 a 3 hembras por cada macho, la cantidad de reproductores sembrados deben ser según la cantidad de alevines a producir. Una hembra de 200 g produce 370 alevines, los reproductores deben ser alimentados al 2% del peso vivo con 28-30% proteína bruta (PB), es importante no sobrealimentar, porque se podría producir mucha grasa y tendrán huevos inviables con altas mortalidades. Después de sembrado los reproductores, se pueden ver sus crías a los 15 días mas o menos, luego se retiran los reproductores y se dejan las crías en ese estanque, el nivel del agua debe ser alrededor de 20 cm, la tubería de desagüe debe tener una malla de anejo para evitar que se salgan las crías, y otras características. (Civa, 2003; Obregón y Duván, 2005), por otra parte Pruginin (1998), menciona otro método para no retirar a los reproductores de los estanques. Cada 14 días el nivel del agua en el estanque disminuye y se pesca a los adultos maduros. Debido a la tensión asociada con las redes, las hembras arrojan de sus bocas a los alevines. Estos se agrupan en un cardumen y nadan en la capa superior del agua. Ahí, pueden ser capturados por una red de inmersión superficial con luz de malla fina. Entonces, los alevines son transportados a los tanques de tratamiento.

Antes de alimentar a los alevines, ya se debe haber preparado la reversarina (alimento concentrado que contiene la hormona).

La alimentación de los alevines puede ser ajustada según el diseño que adopte cada granja (Tabla 2).

Tabla 2. Alimentación según peso promedio de los peces.

Peso promedio del pez (g)	% de alimentación	Frecuencia de alimentación
< 1	25	10
1 a 4	15	9
4 a 8	8	8

Fuente: Obregón y Duván, 2005.

Pruginin (1998), señala que los alevines pueden ser alimentados en un 10 a 12% del peso corporal diario. La ración se divide en 3 ó 4 comidas diarias.

2.12.1.1. Muestreos biométricos

Según Civa (2003), se deben realizar en total cinco muestreos biométricos de cada grupo. El primero al momento de la colecta de los alevines: de cada uno se deben obtener datos de longitud total en milímetros y su peso total en gramos. La estimación de la biomasa total de cada grupo se realiza cada siete días para ajustar las raciones diarias, y también se puede registrar la mortalidad. Para saber la cantidad de raciones diarias de alimento es necesario conocer la biomasa de alevines que se tiene cada estanque, la biomasa es un termino usado que indica cuanto en peso vivo se tiene en el cultivo, después de calcular la biomasa de cada estanque se procede a encontrar la ración diaria a ofrecer y luego la cantidad de alimento que se dará por cada frecuencia de alimento. La biomasa se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$B = P * N$$

B: Biomasa.

P: Peso promedio de los alevines.

N: Numero total de peces en el estanque.

Ración diaria (RD)

$$RD = B * \% / 100$$

Cantidad de alimento por frecuencia (CAF).

$$CAF = RD / \text{Frecuencia}$$

2.12.1.2. Preparación de la reversarina

Actualmente ya hay concentrados llamados reversitas que tienen alrededor de 45% PB y ya tiene la hormona incluida y viene en forma de polvillo, pero también este alimento se puede preparar con los siguientes ingredientes: concentrado que contenga mas del 38% PB en forma de polvillo de lo contrario este puede ser molido, hormona 17α metiltestosterona, alcohol (etanol) al 90% o mas porcentaje de pureza, si se dispone de alcohol absoluto mucho mejor. (Obregón y Duván, 2005), la hormona debe ser bien distribuida en el concentrado, por tal motivo se diluye en un solvente (alcohol) homogéneamente, la concentración de hormonas es de 60 mg/kg de concentrado, obteniendo un buen porcentaje de machos, según lo demostrado por Pinto; *et al*, (2000). Pruginin (1998), recomienda una concentración de hormonas 30 mg/kg de alimento

disuelto en 95% de etanol. La metiltestosterona es fácilmente soluble en etanol, pero la etiltestorena requiere varias horas para disolver completamente a la temperatura ambiente.

Según Popma y Green (1990), en un litro de alcohol etílico (etanol) al 90% se disuelve 6 g de 17α alfametiltestosterona con esta cantidad se alimentan a 300,000 alevines. Un litro sirve para diluir 2 kg de concentrado, luego de diluido la hormona alcohol con el concentrado se seca en un horno a 60 grados, o si no secar a temperatura ambiente sin que le de la luz solar directamente, y que el alimento quede con un espesor de 5 cm. Después de que el alimento se seque, se debe mantener refrigerado y que no permanezca más de un mes almacenado.

Al terminar el tratamiento de hormonas, se transfiere a los alevines a un estanque de crecimiento exterior (se debe tomar en cuenta la perdida proyectada, ya que el peso de los alevines tratados es mas que el de los alevines de esa misma edad no tratados)

2.12.1.3. Efecto de la administración oral de diversos niveles de 17α -metiltestosterona

En investigaciones realizadas por Fisheries (1990), se obtuvo un aumento de 37.5 y 36.7% cuando el alevín fue alimentado por 21 días con MT-30 y MT-60, al mismo tiempo se observó que la dosis de 120 ppm 17α -Metiltestosterona inhibió el crecimiento de los híbridos rojos de la tilapia.

2.12.1.4. Condiciones variables

Resultados obtenidos por Civa (2003), en sus investigaciones ha demostrado que la reversión sexual es efectiva cuando se utilizan alevines con un promedio de 0.01 g y una longitud total de 9.5 mm. Este dato concuerda con otras investigaciones, las cuales muestran que los alevines mayores de 12 mm de longitud total, son considerados grandes para el tratamiento hormonal, ya que su tejido gonadal ha empezado a diferenciarse.

Estos estudios han encontrado que alevines de 11 mm de longitud total, presentaron una eficiencia de reversión del 96%, notando que baja la efectividad conforme se incrementa edad y talla.

2.12.1.5. Condiciones óptimas de estanque para reversión

Se encuentra estanques circulares de lámina de acero galvanizado de calibre 16, con dimensiones de 2.72 m de diámetro y altura de 1.15 m en la parte media, empotrado en concreto armado de forma cónica, con una pendiente de 5%; capacidad máxima de llenado de 5.3 m³. Al estanque se conectan dos contenedores de plástico de 200 L cada uno. El primero funciona como biofiltro, el cual se conecta en la parte inferior al segundo contenedor mediante un tubo PVC de 4.5 cm de diámetro.

El flujo de agua del estanque es variable que depende de la capacidad de bombeo, puede ser 600 litros por minuto, permite un recambio total cada siete minutos. En el estanque circular se puede instalar un calentador de cubierta de titanio de 3 000 W, para mantener la temperatura del agua por arriba de los 23°C. (Civa, 2003).

2.12.1.6. Sistemas para la reversión sexual

Para la reversión sexual se utilizan sistemas cerrados de recirculación. Cada acuario se puede equipar según la granja, entre estos equipos se menciona, tubo nivelador o rebosadero, para mantener constante el nivel del agua, enviando el excedente al biofiltro, este estará conectado a cada sección, bomba sumergible que envía el agua reacondicionada a un contenedor de plástico de 100 L de capacidad a la parte superior del sistema, que distribuye el agua por gravedad a los acuarios, manteniendo un flujo constante.

Para mantener la temperatura por encima de los 23°C, se coloca en la parte central de cada biofiltro, un calentador de titanio de 1,000 W. (Civa, 2003).

2.12.1.7. Evaluación de la reversión

Ya preparada la reversarína se hace el cálculo de la ración diaria y se alimentan los alevines durante 30 días y luego se trasladan a los estanques de alevinaje, en ese momento los alevines deberían pesar alrededor de 8 g y con una talla aproximadamente de 15 mm. Para evaluar la eficiencia de la reversión sexual, se espera que los alevines tengan una talla mayor a 50 g y se toman el 10% de los peces reversados y se realiza el análisis de las gónadas con bisturí, se cuentan cuantos peces han desarrollado testículos y cuantos ovarios, el resultado se presenta en porcentaje de machos. O si se quiere evitar este procedimiento, ya que hay países donde la mano de obra es costosa, y es mas económico hacer un estudio citoplasmático, por facilidades de acceso a laboratorios, o por

no matar al 10% de los peces, entonces se hace un estudio de cariotipos para visualizar los cromosomas sexuales. (Obregón y Duván, 2005).

2.12.1.8. Eficacia de la conversión del alimento

Estudios realizados por Fisheries (1990), demostraron que durante el período de tratamiento con hormona (0-38 días), no se obtuvo ninguna diferencia significativa ($P > 0.05$) en FCE entre los diversos tratamientos. Después de 141 días, el FCE para MT-30 y MT-70 eran perceptiblemente más altos que para MT-50.

2.12.1.9. Tarifa de la supervivencia

Investigaciones realizadas por Fisheries (1990), muestran que al final de la fase de hormona-alimentación (38 días) la tarifa de la supervivencia era más alta en los controles no tratados, pero la diferencia no era estadísticamente significativa. Esto sugiere al parecer que la supervivencia no fuera afectada por MT. La tarifa más baja de la supervivencia fue observada en el grupo MT-50. La supervivencia dependerá de la especie, el tratamiento del andrógeno no afectó la supervivencia del *Oreochromis aureus* después de 120 días, la mortalidad en *Oreochromis mossambicus* aumentó mientras que la dosis se incremento.

Civa (2003), señala que la mortalidad promedio de alevines durante el proceso de reversión sexual puede alcanzar 28% al 40%, esto puede variar de acuerdo al manejo y condiciones que se mantienen los alevines ya que pueden ser afectados por; pH, Amonio, densidad, PB, estos factores pueden influir en la mortalidad bajando la producción.

2.12.1.10. Cociente del sexo

El éxito del tratamiento con andrógenos para la masculinización en tilapia depende de muchos factores tales como; especie, la edad en las cuales se administre la hormona, duración del tratamiento, tipo y nivel de la hormona usados. Los datos ambiguos están disponibles en la dosis y la duración óptima para alcanzar la revocación 100% del sexo en tilapia. Las dosis de 30 a 60 mg/kg dados por 15-60 días se han divulgado a este respecto. (Fisheries, 1990).

La ocurrencia de ciertas deformidades en *Oreochromis mossambicus*, tales como, deformidades de la boca, del opérculo, de la cabeza y de las gónadas en las poblaciones tratadas con la MT de 10-50 ppm divulgaron que las altas cantidades de MT causaron el

desarrollo anormal de la boca y malformaciones del hígado. Por lo tanto, además de efectos sexo-relacionados, la MT puede también afectar la anatomía y morfología de una especie (Fisheries, 1990). Estos efectos se deben analizar detalladamente, y pueden constituir la parte de los efectos somáticos comprensivos que los andrógenos inducen en diversas especies de peces.

2.12.1.11. Efectos de andrógeno fluoxymesterona en la revocación del sexo

No se detectó ningún fluoxymesterona residual en 5 meses de los pescados. Los estudios morfológicos e histológicos demostraron que el fluoxymesterona se puede utilizar para controlar el desarrollo gonadal y el sexo fenotipo de la tilapia rojo tailandés. Este estudio sugirió que el fluoxymesterone se pueda utilizar eficientemente para la revocación del sexo en la tilapia rojo híbrido. (Manosroi; *et al*, 2003).

2.12.1.12. Gónadas

Las hormonas del sexo no sólo modifican características secundarias del sexo, también afectan las gónadas. La administración de la alimentación suplida con hormonas androgénicas sintéticas en diferencia sexual es uno de los métodos de opción para la revocación del sexo del todo-varón. La hormona androgénica sintética se basa en la testosterona, la hormona masculina principal sintetizada en: testículos, ovario y la glándula suprarrenal. La administración oral de la hormona sintética da lugar generalmente a la revocación del sexo, y es metaboliza fácilmente por varias especies de tilapia. Sin embargo, las altas dosis pueden dar lugar a la reducción gonadal del crecimiento, y a la transexualidad gonadal de la feminización, alteración en espermatogénesis tal como inhibición del espermatozoide, fertilidad baja, y pobre funcionamiento reproductivo el en varias especies de teleósteos.

Investigaciones realizadas por Manosroi; *et al*, (2003) muestran que la examinación histológica gonadal de peces no tratados con andrógenos el porcentaje del sexo del varón a la gama femenina es de 46.50 a 53.50%. Mientras los grupos tratados con fluoxymesterona en la alimentación de 40 mg/kg-1 demostraron tres tipos de gónadas, 96.10% varones, 2.25% hembras y una intersexualidad de 1.65%. La examinación histológica reveló que los ovarios y testículos, dentro del grupo tratado era igual que los no

tratados. En una dosis de alimentación de 60 mg/kg-1 fluoxymesterona, resultaron 68.54% varones, 3.58%-19.10% hembras e intersexual 8.78% estériles en gónadas de la hembra, mientras en una dosis mas alta 80 mg/kg, se obtuvo un porcentaje de hembras estériles mas elevado 18.58%. En conclusión peces tratados con fluoxymesterona con 40 mg/kg en 21 días fue la dosis más efectiva de inducir la masculinización de tilapia rojo, con una producción del varón 96.10%. Mientras dosis más altas (60 y 80 mg/kg de la alimentación) de esta hormona dio producciones más bajas del varón a la hembra.

Sin embargo, los estudios numerosos de hormonas en el desarrollo gonadal han demostrado efectos inhibitorios de la droga en las altas dosificaciones.

Otras hormonas androgénicas sintéticas tales como 17α -methyltestosterona, methyldehydrotestosterona y 17α -ethynyltestosterona, se han incorporado en la alimentación de los peces para la revocación del sexo. Ninguno de estos andrógenos se pueden considerar el mejor para la revocación del sexo de la tilapia y la gama de los protocolos de la dosis y de tratamiento. (Manosroi; *et al*, 2003).

2.12.1.12. Selección del andrógeno (costos, disponibilidad e impacto ecológico)

Una perspectiva a evaluar de estos andrógenos se basa en el costo de producción de un número dado de pescados, Manosroi; *et al*, (2003) discutieron cómo el fluoxymesterona llegó a ser más costoso que 17α -Metiltestosterona, mientras que la dosis efectiva era más baja, compensando la diferencia de costos. La selección del andrógeno que se incorporará en la alimentación debe ser basada en disponibilidad, costo, regulaciones del gobierno, e impacto ecológico. Fluoxymesterona y 17α -metiltestosterona pueden ser dañinos por la inhalación, la ingestión, o la absorción de la piel y puede causar la irritación. La preparación de estas hormonas en forma granular en la alimentación de los peces reducirá al mínimo la distribución de alimentaciones y de la hormona al ambiente que será peligroso al ser humano.

En forma granular, la alimentación puede también reducir la pérdida de alimentaciones y hormona debido a las características físicas de gránulos que son convenientes para el comportamiento de los jaramugos. La selección del andrógeno para la revocación del sexo incorporada en la alimentación de los peces se debe basar en costos, eficacia y seguridad humana/ambiental. Además, no se detectó ningún fluoxymesterona en los viejos pescados

de 5 meses que confirmaron pescados libres del fluoxymesterona residual. (Manosroi; et al, 2003).

2.12.1.14. Discusión del uso de hormonas

El uso de hormonas en acuicultura se diferencia de su uso en agricultura animal. La hormona del crecimiento se administra a los ganados para mejorar tasas de crecimiento a través de la vida de cada vaca. Esta hormona se puede encontrar en leche y la carne de vaca y su presencia ha generado la preocupación del consumidor. En acuicultura sin embargo, las hormonas se utilizan generalmente para la revocación del sexo o inducir el desove de los peces. Se administran solamente durante etapas tempranas de la vida y no se detectan en los pescados de tamaño de mercado. (Johnstone; et al, 1983).

Mucho se ha hecho para determinar la época de residencia de hormonas en peces. Tave (2003) indicó que solamente una cantidad pequeña de hormona está requerida para la renovación del sexo de los peces. La mayor parte de esta cantidad se limpia con recambios de agua en un plazo de 3 semanas, después de la aplicación de la hormona (Pandian Kirankumar, 2003; Tave, 2003). Pandian y Kirankumar (2003), determinaron que el 5 -10% de toda la Metiltestosterona permanecía en peces después de 1 - 2 semanas Goudie; et al, (1986) encontraron que solamente 0.5% de toda la Metiltestosterona permanecía en los peces después de los 21 días, del retiro del tratamiento Johnstone; et al, (1983) también encontraron que las hormonas salen de la carne de los peces rápidamente. Su estudio demostró que < 1% de Metiltestosterona permanecían en estos peces después de 4 días. Es decir que las hormonas usadas para invertir el sexo del alevín no permanecen en los peces en largo tiempo después del tratamiento.

Pandian y Kirankumar (2003), encontraron que la concentración residual de la testosterona en tejidos finos de los peces era < 5 μ /día y consideraban esto una concentración demasiado baja, para poner en peligro la salud humana. De una dieta que contenía de 20-50 mg/kg era estimado que los peces ingieren < 10 μ /día de la hormona. Obregón y Duván (2005), también indicaron que la misma hormona está utilizada en productos medicinales humanos en dosis a partir del magnesio de 10-50 mg/día. Esto es mucho mayor de lo que fue encontrada en pescados clasificados para el mercado. Es razonable asumir que las cantidades de hormonas residuales en pescados de mercado-clasificados no son bastante grandes para tener ningún efecto en la salud humana.

2.12.2. Masculinización por inmersión en andrógenos

Al igual que la técnica de administración oral, las hormonas utilizadas para esta técnica son las mismas, con la diferenciación en su aplicación en la reversión sexual de alevines, entre estas se mencionan: MT y 17 α -methyl-dihydrotestosterona (MDHT; 17 β -hydroxy-17-methyl-5 α -andro-steran-3-one). Methyl-dihydrotestosterona, (Vendaval; *et al*, 1999).

Gale; *et al*, (1996), manifestaron en sus estudios que la dosis recomendada para la reversión del alevín dependerá del ingrediente activo a utilizar, en sus investigaciones se encontró que la hormona MDHT es dos veces más potente que la MT en la masculinización, se comprobó utilizando la misma dosis de 500 mg/L cada una y en estos niveles similares la MT no alteró perceptiblemente el cociente del sexo. Esto podría ser también a que la MT tiene menos efecto y forma menos activa.

Al mismo tiempo hay que asegurar grandes cantidades de alevines para la reversión sexual por inmersión a corto plazo, esto se puede, llevar a cabo almacenando en unos pequeños estanques reproductores de tilapia en una densidad de 2 peces/m, se pueden sembrar 2 a 3 hembras por cada macho, la cantidad de reproductores sembrados debe ser según la cantidad de alevines a producir. (Pruginin, 1998; Gale; *et al*, 1996; Vendaval; *et al*, 1999).

Según investigaciones realizadas por Bombardelli y Hayashi (2005), la feminización resultante había sido mejor para larvas más jóvenes 6.5 DPE (días después de la eclosión), con respecto a, 8 DPE, 10 DPE, 12 DPE, 14 DPE, produciendo 39.20% de hembras. Los índices del peso final y longitud, el factor de la condición y la supervivencia no habían sido afectados por los tratamientos. Estos resultados comprueban las investigaciones realizadas por Higos (1982); Okimoto; *et al*, (1996), quienes señalan que la magnitud de la respuesta a estos promotores del crecimiento depende de muchos factores, incluyendo edad, tamaño, etapa de desarrollo, temperatura, salinidad, factores alimenticios y dietéticos, duración del tratamiento, estación y método de uso.

2.12.2.1. Preparación de la reversina

Estudios realizados por Vendaval; *et al*, (1999); Gale; *et al*, (1996), muestran como se realiza el tratamiento para reversión sexual, el cual consiste en una inmersión de 3 h en 10 días y otra vez en 13 DPF. Después de la inmersión, el alevín es recogido y puesto en los estanques. Para cada inmersión el esteroide es evaporado bajo N₂ (g) y entregado en

0.5 ml de etanol. El esteroide se deja mezclarse por la aireación por 30 minutos antes de la adición de alevín. El alevín se sumerge en MT o MDHT en 100 o 500 µg/L (MT-100, MT-500, MDHT-100, MDHT-500).

2.12.2.2. Evaluación del método

Investigaciones realizadas por López; *et al*, (2005), mencionan que la reversión por alimento alcanza 100% machos de los individuos muestreados; y en el tratamiento de reversión por inmersión el porcentaje de machos encontrados fue del 96%, no siendo significativa la diferencia entre ambos.

Los resultados sugieren que la metodología empleada puede recomendarse para la reversión, por las facilidades de manejo que presenta respecto a la reversión tradicional.

2.12.3. Comparación entre los métodos de masculización; administración oral e inmersión a corto plazo

Aunque la técnica de administración oral da lugar generalmente a la inversión acertada del sexo, ciertas ineficacias son tema de inquietud. Afectando cualquier condición, como el consumo del alimento, puede disminuir la eficacia del tratamiento. Además, el período largo del tratamiento empleado por métodos de alimentación típicos da lugar a la dirección humana del esteroide anabólico tres a cinco veces diariamente hasta por 35 días. Este grado de dirección presenta un riesgo agregado al trabajador de la acuicultura, dado los efectos tumorígenos y teratogénicos de esteroides anabólicos. (Lewis y Sweet, 1993; Vendaval; *et al*, 1999).

Los riesgos deletéreos presentados por los esteroides androgénicos son atenuados fácilmente por el establecimiento de la dirección apropiada de procedimientos. Sin embargo, estas precauciones a menudo se ponen en mal ejecución. (Vendaval; *et al*, 1999). Por ejemplo, en los países en vías de desarrollo en donde ocurre mucha de la producción mundial de la tilapia, los guantes de goma disponibles para la dirección de la alimentación tratada pueden ser inasequibles o demasiado costosos. Además, en países en vías de desarrollo los trabajadores tienen generalmente poco o nada de guantes de goma, protectores de la ropa para trabajar en las charcas que contienen el esteroide disuelto. Por lo tanto, las técnicas que reducen la exposición del trabajador al esteroide anabólico, recae en las investigaciones de otros métodos de reversión como el método a corto plazo de la inmersión. Sin embargo, el desarrollo y la puesta en práctica de las

técnicas de la inmersión proveen las ventajas siguientes sobre técnicas de alimentación: se maneja el esteroide solamente algunas veces, puede ser contenido fácilmente en el recipiente del tratamiento, y ser dispuesto fácilmente en una manera segura por el carbón de leña o aún la filtración biológica. (Vendaval; *et al*, 1999), además con esta técnica se alcanza una masculinización significativa, mientras que disminuye la reducción del período del tratamiento y por ende la exposición posible del trabajador. Con la evaluación y el refinamiento adicionales especialmente la optimización de la dosificación con respecto a densidad de la media esta técnica puede proporcionar una alternativa al uso de la alimentación esteroide-tratada para el control de la reproducción indeseada en operaciones de la acuicultura de la tilapia.

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Localización del ensayo

El ensayo se realizó en una zona de la granja de langostinos de la Cooperativa “Puerto Casona” de RL, en el modulo demostrativo para adaptación al ambiente salino, en el galpón de 140.51 m². La granja se ubica en el cantón Salinas El Potrero, Municipio de Jiquilisco, Departamento de Usulután, El Salvador. (Figura A1).

La Bahía de Jiquilisco, esta ubicada en la parte sur del Departamento de Usulután, entre los 13°15' y 13°18' latitud norte y 88°15' Longitud Oeste, representa el ecosistema marino costero más importante de El Salvador, comprendida en la Zona de Vida “Bosque Húmedo Subtropical Caliente”.

Las precipitaciones anuales promedio de las zonas aledañas a la estación meteorológica de Puerto El Triunfo es de 1755 mm, la temperatura promedio de la zona oscila entre 17.5 - 31.4°C. Con una altura de 8 msnm.

3.2. Establecimiento de la investigación

Para el establecimiento de la investigación se procedió a la instalación del sistema de filtración, tanto para agua salada como agua dulce con el objetivo de disminuir la profundidad Secchi y mejorar la calidad de dichas aguas, se tomaron estas medidas para no provocar daños físicos debido a las materias coloidales (partículas minerales en suspensión, materia orgánica, precipitados principalmente carbonatos) suspendidas en dichas aguas, que pueden provocar lesiones e infecciones y dar como resultado alteraciones en la investigación. El sistema de filtrado es una parte clave y uno de los problemas mas graves que suele presentarse en las instalaciones de acuicultura. Para evitar la entrada de estos elementos al sistema se deben tomar precauciones desde el ingreso del agua al reservorio. (Figura A2).

3.2.1. Sistema de filtración en agua salobre

A los reservorios suelen ingresar, sedimentos, hojas, piedras y otros elementos. El agua tiene cierta transparencia proliferan algas; por tal razón la zona de succión debe protegerse con un punto filtrante, la cual esta construida de mampostería, celosilla, piedra volcánica y marcos de madera con malla. (Figura A3). Todos estos elementos cumplen la función de impedir el ingreso de materia coloidal al punto de succión del cual se bombea agua al laboratorio.

En caso del agua salobre se utilizó doble puntera (Brady™ PVC de 38 milímetros), de Ø 2" y otra de Ø 4", adaptada con un reductor de 4" x 2", todo esto con el fin de realizar doble filtrado para impedir el ingreso de partículas minerales que pueden ser succionadas y deteriorar la turbina de admisión de la bomba. Se adaptó una válvula de retención (check) antes de ingresar al sistema de tuberías con el fin de mantener cebada dicha tubería.

El sistema de abastecimiento de agua salada con circuito de filtración cuenta con una tubería de Ø 1 ½", con un trayecto de 105.37 m, conductora de agua salobre cruda, succionada mediante una bomba con capacidad de 2 HP, dicha tubería proviene del canal reservorio donde se instaló el punto filtrante con su respectiva válvula check. (Figura A4). El agua bombeada fluye de la tubería de salida y se deposita en un tanque ROTOPLAS con capacidad de 2,500 L (660 Galones), obtenido el volumen por bombeo se procedió al proceso de filtración, para lo cual se utilizó una bomba con capacidad de 1 HP con cestilla, alto rendimiento y un máximo de 50 PSI, el agua salobre en proceso de filtración fluye hacia un filtro de arena de sílice con capacidad de 100 GPM, es un tanque de plástico reforzado de fibra de vidrio totalmente anticorrosivo. (Figura A5) que contiene arena tamizada de tamaño 0.018 - 0.022 pulgadas (Tamaño de la partícula 0.45 - 0.55 mm). El agua se filtra al pasar por el estrato de arena. El espesor de este no debe ser inferior a 50 cm y la velocidad del agua debe ser inferior a 60 m/h lo que equivale a un caudal de 60 m³/h por m² de superficie filtrante. Son muy efectivos para retener sustancias orgánicas y partículas, porque se emplea todo el espesor de la arena. (Figura A6).

Estos desechos se juntan en la capa de arena y el agua limpia fluye a través de la tubería inferior en la parte inferior del filtro hacia arriba a través de la tubería del centro a la válvula de control en la parte superior del filtro, esta última tiene varias funciones: filtrado, lavado, enjuague y descarga; dependiendo de la función en cada momento del sistema de filtración así se utiliza dicha válvula. Además cuenta con dos válvulas adicionales de 1 ½" c/u, el agua en proceso de filtración fluye hacia el tanque de 2,500 L, mediante la tubería de Ø 1 ½" conductora de agua salobre en proceso de filtración, para asegurar mayor filtración se realizaron dos pasos por el filtro, antes de pasar al filtro de cartucho con una capacidad de 100 GPM, acoplado al filtro de arena, que cumplen una función importante dentro del sistema de abastecimiento de agua salobre, ya que ayuda a retener sedimentos finos que no se alcanzan a filtrar en el filtro de arena; filtrada el agua fluye hacia un tanque ROTOPLAS con capacidad de 10,000 L (2,642 galones), obtenido el volumen por bombeo

se procedió a la distribución del agua salobre filtrada hacia los tanques donde se mantuvo el ensayo, los cuales están ubicados en la galera, la distribución se realizó mediante una tubería de $\text{Ø } 1 \frac{1}{2}$ ", la cual se instaló sobre los tanques con capacidad de 2,500 L y 300 L a una altura de 2.50 m y un perímetro de 45 m, para ello se utilizó la estructura de la galera con el fin de mantenerla estable sobre dichos tanques.(Figura A7), a esta tubería se le acoplaron accesorios de PVC como; tees de $1 \frac{1}{2}$ ", reductores de $1 \frac{1}{2}$ " x 1", válvulas de 1" y codos de 1" todo esto con el fin de distribuir el agua en cada uno de los tanques y así obtener el volumen requerido cada vez que fuere necesario.

3.2.2. Sistema de filtración en agua dulce

El agua dulce fue extraída de pozo con un circuito de filtración que cuenta con una puntera similar al sistema de agua salobre, con la excepción de que cuenta con una puntera ($\text{Ø } 2$ ") dentro del pozo de $\text{Ø } 3$ ", el agua dulce previamente filtrada por la puntera es succionada mediante una bomba con capacidad de 1 HP, la cual cuenta con un tanque de presión de 20/40 galones, el agua dulce fluye de la tubería de salida y es depositada en un tanque ROTOPLAS, color negro con capacidad de 2,500 L (660 galones), obtenido el volumen por bombeo se procedió al proceso de filtración, para lo cual se utilizó tubería de admisión con $\text{Ø } 1$ " y se bombeo a una capacidad de $\frac{3}{4}$ HP, de alto rendimiento y presión máxima de 50 PSI, el agua dulce en proceso de filtración fluye hacia el filtro de arena de sílice de 60 GPM de capacidad que adicionalmente cuenta con dos válvulas de $\text{Ø } 1 \frac{1}{2}$ ", c/u, en la tubería de distribución, el agua filtrada fluye hacia el tanque ROTOPLAS, color negro con capacidad de 2,500 L, manipulando las dos válvulas y para asegurar mayor filtración se realizaron dos pasos por el filtro, antes de depositar el agua dulce filtrada al tanque ROTOPLAS, color azul con capacidad de 4,100 L (1083 galones), obtenido el volumen por bombeo se procedió al tratamiento del agua (curado), dando el balance químico adecuado para evitar proliferación de enfermedades, entre los productos químicos usados tenemos; EDTA, su uso en laboratorio radica en la eliminación de metales pesados en agua de los tanques de reproductores y agua de los tanque de eclosión, la concentración usada fue de 10 ppm, además se utilizó cloro en una concentración de 4 ppm y para neutralizar el cloro en el agua procesada se utilizó tiosulfato de sodio en una concentración 4 ppm por cada 4 ppm de cloro residual.

Posteriormente el agua procesada se distribuyó hacia los tanques donde se mantuvo el ensayo utilizando una bomba con capacidad de 1HP con su respectivo tanque de presión

de 20/40 galones. (Figura A8). La distribución del agua hacia los tanques se realizó mediante una tubería de Ø 1", la cual se instaló sobre los tanques con capacidad de 2,500 L y 300 L a una altura de 2.50 m y un perímetro de 45 m, para ello se utilizó la estructura de la galera con el fin de mantenerla estable sobre dicho tanque, a esta tubería se le acoplaron accesorios de PVC como; tees, de 1", válvulas de 1" y codos de 1" todo esto con el fin de distribuir el agua en cada uno de los tanques y así obtener el volumen requerido cada vez que fuere necesario.

3.2.3. Sistema de drenaje

El diseño de drenaje es importante en acuicultura y para tal fin los tanques con capacidad de 2,500 L cuentan con un drenaje de Ø 2"; y los tanques con capacidad de 300 L, cuentan con un drenaje de Ø 1", con el fin de realizar recambios de agua, retiro de basura o desechos sólidos.

El nivel de agua requerido se controló aforando los tanques con el fin de marcar la capacidad de estos. Además el nivel del agua de los tanques de 2,500 L y 300 L se controló por desbordamiento mediante una tubería de PVC con Ø 2" y Ø 1" respectivamente a una altura de 1 m, colocado en la parte central de los tanques. (Figura A9), conectados a una línea principal del sistema de drenaje externos a los tanques, dicho drenaje conecta con la tubería principal de drenaje con Ø 2", mediante codos 90° de 2", tees de 3" y reductores de 3"x 2", para lo cual se realizó un sistema de drenaje en todos los tanques de 2,500 L y 300 L, bajo una estructura techada de 140.51 m² con láminas ZincAlúm, (Figura A10) la cual cuenta con ocho luminarias dobles y lámparas fluorescentes de 40 Watts c/u, posteriormente el drenaje pasa hacia una caja de retención de agua con el fin de obtener muestras y realizar análisis de sedimentos (alimentos, heces y otros). Esta conecta con una tubería de PVC de 4" subterránea a una distancia de 145 m y una pendiente de 30% para drenar dicha agua, esta se deposita en un canal con profundidad de 1 m y un diámetro de 70 cm, la cual se encuentra a unos 170 m de distancia del modulo.

3.2.4. Instalación del sistema de aireación

La oxigenación de los tanques se mantuvo en un rango de 4.2 a 5.7 mg/L y se logró por impelencia de aire a través de un sistema doble de compresores regenerativos de 1HP c/u, colocados sobre torretas a una altura de 2.30 m. (Figura A11).

La distribución de aire se realizó a través de tuberías principal de PVC de 1 ½" con longitud total de 36.88 m, la cual se instaló en la parte superior de los tanques a una altura de 2.5 m, colocada en la parte superior de la estructura realizando un sistema de aireación en toda la galera, la distribución e interconexión de los tanques se realizó con accesorios como; tees de 1 ½", reductores 1 ½" x 1", crucetas de 1", válvulas 1 ½" aliviadoras de presión y válvulas de paso 1 ½", todo esto con el fin de intercalar el uso de los dos compresores (blower) para evitar el sobrecalentamiento y por ende el daño, este procedimiento se logró activando los shwitt cada 24 horas y manipulando las válvulas de 1 ½", en forma alterna.

Posteriormente se realizó la distribución hacia los ocho tanques de 2,500 L, con accesorios de PVC como; reductores de 1 ½" x 1", codos de 90° de 1", reductores de 1"x ½" y válvulas de 1". (Figura A12).

Al mismo tiempo el sistema de aireación da abastecimiento a los tanques con capacidad de 300 L c/u, donde se ejecutó el ensayo, y para tal fin se realizó la conexión en la tubería de PVC de 1 ½" la conexión se logró perforando la tubería con una broca de 11/32", en cada posición de los tanques de 300 L c/u, y así poder acoplar la manguera transparente (3/16 ID x 1/16 Wall) y de esta manera airear dichos tanques. (Figura A13).

3.2.4.1. Hornilla de aireación

La hornilla de aireación fue construida e instalada con el propósito de airear homogéneamente a cada uno de los tanques de 2,500 L, se construyó de forma circular de tal forma que obtuviera la misma simetría, la cual cuenta con la tubería principal de PVC de ½" en forma de "X" conectado con accesorio de PVC como; tees de ½" y crucetas de ½", a la cual se acoplaron manguera transparente de ½", la cual se cortó en tramos de 90 centímetros, se procedió al acople en las tees de la tubería principal de tal forma que tome la simetría de los tanques, el procedimiento se repitió hasta completar el primer círculo de aireación y luego se procedió a acoplar el segundo círculo de aireación conectándolo a unos 45 cm del primero, este último igualmente es acoplado en la tubería principal mediante tees de ½", cada uno de los tanques cuentan con la hornilla de aireación, las cuales están interconectados con la tubería principal de 1 ½".(Figura A14).

Al mismo tiempo para asegurar una homogenización en la aireación se procedió a perforar las mangueras conectadas a la tubería principal, el procedimiento se realizó con la ayuda de un taladro y una broca de 1/16", cada orificio se perforó a una distancia de 25 cm.

3.2.5. Estanques de reproducción

Para el establecimiento de la investigación se utilizaron reproductores del híbrido rojo (*Oreochromis sp*), con el fin de obtener grandes cantidades de alevines recientemente nacidos (3,300 alevines recolectados entre el día 7 y 9 días post desove), de una edad y tamaño más ó menos uniforme para tratarlos con los métodos de masculinización inducida por andrógenos tanto por el método de inmersión de corto plazo y administración oral. Para lograr este fin se utilizaron dos tanques cilindro-cónicos de fibra de vidrio, con capacidad de 2,500 L, de color negro con drenaje central de 50.8 mm. (Ø 2 pulgadas). (Figura A15).

La oxigenación de los tanques se mantuvo en un rango de 4.2 a 5.7 mg/L y se logró por impelencia de aire a través de un sistema doble de compresores regenerativos de 1HP $\frac{c}{u}$.

3.2.5.1. Reproducción de alevines

Los reproductores de tilapia roja (*Oreochromis sp*) se adquirieron en la estación de maricultura los Cóbano (Acajutla, Sonsonate), estos fueron seleccionados y separados por sexo. El traslado se realizó en recipientes de 200 L, y para tal fin se instaló un sistema de aireación compuesto por un tanque cilíndrico de oxígeno, además de válvulas y mangueras de $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{8}$ ", para mantener constante la aireación durante el traslado de los reproductores y así disminuir el stress. (Figura A16), además se consideró la hora de traslado en horas frescas (01:00 - 6:00 Horas).

Para la reproducción de alevines se consideraron los parámetros siguientes:

- a) Densidad: 19 peces/m³
- b) Proporción: 1 macho: 2 hembras.
- c) Volumen efectivo de reclusión: 1,600 L
- d) Requerimiento de reproductores: 21 machos y 46 hembras de "tilapia roja".

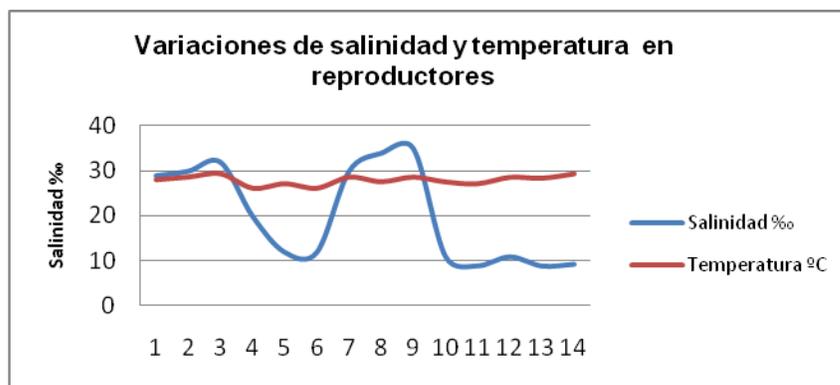
Los adultos fueron alimentados al 3% del peso vivo, utilizando concentrado peletizado 28% de proteína, con una frecuencia de alimentación de 06:00 – 18:00 horas, al mismo tiempo se realizaron cinco muestreos biométricos para estimar la cantidad de alimento a suministrar, de los cuales se consideró el peso, (Tabla 3), al mismo tiempo se obtuvo la ración diaria en reproductores. (350.63 g/día). Fue importante no sobrealimentar, porque se podría producir demasiada grasa y tendrán huevos inviables con alta mortalidad. Los huevos desovados son fertilizados naturalmente por los machos.

Tabla 3. Muestreos biométricos de reproductores.

Muestras	Machos (g)	N	Hembras (g)	N	Sub-total Reproductores	Peso total (g)
1	1358.4	6	1499.9	15	21	2858.3
2	2971.5	13	1160.3	12	25	4131.8
3	905.6	4	1075.4	11	15	1981.0
4	481.1	2	1330.1	12	14	1811.2
5	509.4	2	396.2	3	5	905.6
Total	6225.9	27	5461.9	53	80	11687.8

Después de sembrados los reproductores, se pueden ver sus crías a los 15 días más o menos y cuando los jaramugos (fry) tuvieron una longitud < de 10 mm, fueron capturados diariamente de los tanques de reproducción, por arrastre con red de mano (lumpe) de 500 micrómetros de luz de malla. Los jaramugos capturados se colectaron en recipientes con agua de una capacidad de 24 L, para el conteo volumétrico con el fin de determinar la cantidad requerida por tanque. El conteo volumétrico se realizó extrayendo siete muestras de 1 L, con ayuda de un matraz Beaker; la muestra se dividió en cuatro alícuotas de 250 ml, cada una y se contó a ojo el número de jaramugos presente en cada alícuota. (Figura A17). Los peces así contados, se depositaron en el recipiente de colecta para ser recluidos en los tanques de tratamiento. Este mismo procedimiento se repitió durante dos días consecutivos hasta completar la cantidad especificada para cada tanque.

Las variaciones de salinidad no se mantuvieron constantes tal como se muestra en la Grafica 1, estas fueron manipuladas dado que la reproducción se inhibe a salinidad del agua del mar (36‰), sabiendo esto se considero dar las condiciones necesarias a los reproductores y así asegurar la respuesta de reproducción y se considero mantener el agua salobre entre 8 - 12‰, con el fin de obtener la mayor cantidad de alevines para los tratamientos.



Grafica 1: variaciones de salinidad se manejaron entre 8 a 11‰, así asegurar la magnitud de respuesta de los reproductores de tilapia y las variaciones de temperatura fueron variables.

Para asegurar la magnitud de respuesta de los reproductores de tilapia (*Oreochromis sp*) se considero mantener adecuados los factores siguientes: La temperatura natural del agua osciló entre 26 y 29°C, pudiendo soportar temperaturas menores y para verificarla se utilizó un termómetro de mercurio (0 a 100°C), al mismo tiempo se considero la salinidad del agua, determinándose con ayuda de un refractómetro óptico marca ATAGO con rango de 0 a 100‰, tomándolo cada semana.

3.2.6. Estanques de tratamientos

Consistió en, seis tanques cilindro-cónicos de fibra de vidrio, con capacidad de 300 L, color negro y drenaje central de 25.4 mm. (Ø 1 pulgada). (Figura A18). Al mismo tiempo se utilizaron tres jvas rectangulares de plástico con una capacidad de 200 L, color naranja. La oxigenación de los tanques se mantuvo en un rango de 4.2 a 5.7 mg/L y se logro por impelencia de aire a través de un sistema doble de compresores regenerativos de 1HP c/u, Donde se desarrollaron los jaramugos hasta los 28 días después de nacidos (DPD), posteriormente los alevines se trasladaron a los estanques de precría.

3.2.7. Estanques de precría

Consistió en dos tanques cilindro-cónicos de fibra de vidrio, con capacidad de 2,500 L, de color negro y drenaje de válvula de 50.8 mm. (Ø 2" pulgadas), bajo una estructura techada de 140.51 m² con láminas zincAlum; ocho luminarias dobles con lámparas fluorescentes de 40 Watts c/u. La oxigenación de los tanques se realizó de la misma forma que los tanques de reproducción.

3.3. Metodología estadística

3.3.1. Muestreos biométricos

Se realizaron en total siete muestreos biométricos de cada grupo (Tablas A1). El primero al momento de la colecta de los alevines: de cada uno se tomaron datos de longitud total en milímetros y su peso total en gramos. La estimación de la biomasa total de cada grupo se realizó cada ocho días para ajustar las raciones diarias, al mismo tiempo se registró la mortalidad. La biomasa total se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$B = P * N$$

B: Biomasa.

P: Peso promedio de los alevines.

N: Número total de los peces en el estanque.

Ración diaria (RD)

$$RD = B * \% \text{ del peso corporal}$$

Cantidad de alimento por frecuencia (CAF).

$$CAF = RD / \text{Frecuencia}$$

3.3.2. Tasa y frecuencia de alimentación

Los datos (Tabla 4), muestran las tasas y frecuencias que se utilizaron durante el proceso de reversión sexual. (Lim, 1997). Durante ese período (28 ó 29 días), se esperó que los peces alcancen casi el gramo de peso ideal, para comenzar la precría hasta llegar a 5 gramos.

Tabla 4. Tasas y frecuencias de alimentación.

Tamaño (gramos)	Días post-desove	Alimentación diaria (% del peso corporal)	Frecuencia de alimentación
0.02 – 0.23	2 – 8	30%	5 - 8 veces al día, durante horas con luz.
0.24 – 0.45	9 – 15	25%	
0.46 – 0.67	16 – 22	20%	
0.68 – 0.89	23 – 29	15%	
0.90 – 1.11	30 – 36	10%	
1.12 – 2.15	37 – 44	7%	
2.16 – 3.45	45 – 52	5%	

3.3.3. Tratamientos

3.3.3.1. Tratamiento 0₁ (Tratamiento testigo de la inmersión de corta duración)

El grupo control se sometió al mismo procedimiento de inmersión, excepto que el volumen de agua en el que se sumergieron los peces no contenía la hormona 17 α -metiltestosterona disuelta. Sin embargo el manejo técnico y todos los análisis se realizaron de la misma forma que se aplicaron a los tanques de tratamiento.

3.3.3.2. Tratamiento 1

Inmersión de corta duración, en formato 2 veces x 4 horas x 1,800 μ g/L

A los alevines se les realizó doble inmersión durante dos etapas de su vida la primera a los 10 días post desove (DPH) y la segunda a los 13 DPH, a una dosis de 1,800 μ g/L del andrógeno 17 α -Metiltestosterona (Sigma Chem. Co.), con una duración de 4 horas.

Se realizaron en total cuatro repeticiones del tratamiento cada una con su respectivo tanque color negro con capacidad de 300 L, y una java color naranja con capacidad de 200 L, donde se instaló el tratamiento control.

- **Técnica de masculinización por inmersión de corta duración**

1. Colecta de jaramugos:

- a. Se colectaron jaramugos de los tanques de reproductores con tamaños inferiores a 10.00 mm, hasta completar 300 que fue la cantidad requerida por tanque. Esa talla correspondió aproximadamente al estadio 10 días después de nacidos (DPD).

2. Preparación del baño de inmersión con andrógeno.

- a. Se pesaron 180 mg por tanque de la 17α -metiltestosterona y se disolvieron en 20 ml de alcohol etílico anhidro (95% v/v).
- b. La disolución hormonal se almacenó y se mantuvo en refrigeración.; se cubrió con papel aluminio con el objetivo de impedir el contacto directo con los rayos solares. (Figura A 19).
- c. Una vez preparados los tanques de inmersión, los jaramugos fueron introducidos en éstos para iniciar el tratamiento. La densidad de alevines en cada tanque fue de 1.5/L y se manejó un volumen de tratamiento de 200 L, en total 300 alevines por tanque.
- d. Con la ayuda de una pipeta de 10 ml, se procedió a la incorporación de la solución hormonal en cada uno de los tanques de tratamiento. (Figura A20)
- e. La disolución alcohólica de la 17α -metiltestosterona se disolvió nuevamente en 200 L de agua con ayuda de aireación fuerte (> 0,5 L/segundo), alcanzando una concentración final de 1.8 ml/L (equivalente a 1,800 $\mu\text{g/L}$) por cada tanque de tratamiento. (Figura A21), La aireación fuerte en el tanque se logró por medio del uso de compresores regenerativos de 1 HP (Sweetwater™, EUA).
- f. Luego de transcurrir 4 horas de tratamiento, se realizaron recambios de agua hasta el 90%, en cada una de las repeticiones para eliminar los residuos de la hormona. (Figura A22).

- g. Los jaramugos se mantuvieron en el tanque durante dos días después de iniciar el tratamiento.
- h. Al tercer día, se realizó la segunda aplicación de la hormona con ayuda de una pipeta de 10 ml, sin extraer a los jaramugos del tanque. El baño de tratamiento duro 4 horas.
- i. Transcurrido ese período, la segunda aplicación del tratamiento fue finalizada realizando recambios de agua hasta el 90%, en cada una de las repeticiones para eliminar los residuos de la hormona.
- j. Posterior al tratamiento, los jaramugos se mantuvieron 28 días más en los tanques de 300 L. Finalizado ese período, los peces se recluyeron en tanques de 2,500 L para completar el período de precría que duró 70 días más.

Por otra parte, la densidad durante el tratamiento fue de 1.5 alevines por litro ($1,500/m^3$), con un volumen efectivo por tanque durante el tratamiento de 200 L, es decir 300 alevines por tanque, para un total de 1,500 alevines por tratamiento. La densidad de la fase uno de precría, aproximadamente de los 16 a los 30 días post desove (DPH), fue de 1.2 alevines por litro ($1,200/m^3$), con un volumen efectivo durante esa fase de 250 litros (300 alevines por tanque). Al final de la fase uno de precría (± 30 DPD), cada una de las repeticiones en estudio montadas en tres tanques color negro con capacidad de 300L, y una Java color naranja con capacidad de 200 L, totalizando cuatro repeticiones en total en el método de inmersión de corta duración, cada una de estas repeticiones fueron recluidas en un solo tanque con capacidad de 2,500 L, donde fueron trasladados los alevines en estudio, empleando redes de mano y cubetas. (Figura A23).

Durante la fase dos de precría, desde los 31 hasta los 70 DPD, la densidad fue de 0.53 alevines por litro ($1,000/m^3$), en un volumen efectivo de 1,700 L (1,000 alevines por tanque).

Al final de la fase tres de precría, a los 70 días después de nacidos, se les realizó el último muestreo de talla y peso y el conteo volumétrico, los alevines capturados con red de mano (Lumpe) fueron colectados en una java de color naranja con capacidad de 200 L, este muestreo se hizo con un volumen efectivo de 25 L. El conteo volumétrico se realizó extrayendo seis muestras de 1 L cada una con ayuda de un matraz Beaker, en cada muestra fue contada a ojo el número de alevines presentes por alícuota para determinar la cantidad recolectada. Los peces así contados fueron devueltos al recipiente de colecta

para ser sembrados, este mismo procedimiento se repitió en cada uno de los tratamientos en estudio. Luego se trasladaron hacia el canal reservorio y se sembraron aproximadamente 1,200 alevines, la siembra se realizó en horas frescas (17:30- 19:00 Horas), esto para evitar posible mortalidad ocasionado por el conteo volumétrico y traslado, dado que ello ocasiona stress.

3.3.3.3. Tratamiento 0₂. (Tratamiento testigo de la administración oral)

El alimento control se preparó en forma similar que la administración oral con andrógeno, excepto que el concentrado no contenía la hormona 17 α -Metiltestosterona. Sin embargo el manejo técnico y todos los análisis se realizaron de la misma forma que se aplicaron a los tanques de tratamiento.

3.3.3.4. Tratamiento 2

Administración oral, en formato 28 días x 6 veces x 60mg/kg

Los alevines fueron tratados con una dosis de 60 mg/kg del andrógeno 17 α -Metiltestosterona (Sigma Chem. Co.), durante 28 días, a partir de los 7-10 a 34-38 días después de nacidos (DPD), con una frecuencia de alimentación: 6 veces al día, a las 06:00; 10:00; 14:00; 18:00; 22:00 y 02:00 horas.

Se realizaron en total cuatro repeticiones del tratamiento, cada una en su respectivo tanque, color negro con capacidad de 300 L, y una java color naranja con capacidad de 200 L, donde se instaló el tratamiento control.

- **Preparación del alimento con hormona**

Se pesaron y disolvieron 60 miligramos de la 17 α -Metiltestosterona en 800 ml de alcohol etílico absoluto (95%, JT Baker). Esa cantidad de disolución alcohólica de la hormona androgénica se utilizó para preparar 1,000 g de concentrado granulado, se cubrieron las siguientes etapas:

- a) Triturar el concentrado con la ayuda de un molino manual, para facilitar la homogenización de la hormona y que la ingieran los alevines. (Figura A24).
- b) Pesar el concentrado en una balanza.
- c) Almacenar el concentrado en bolsas ziplocTM para el traslado.

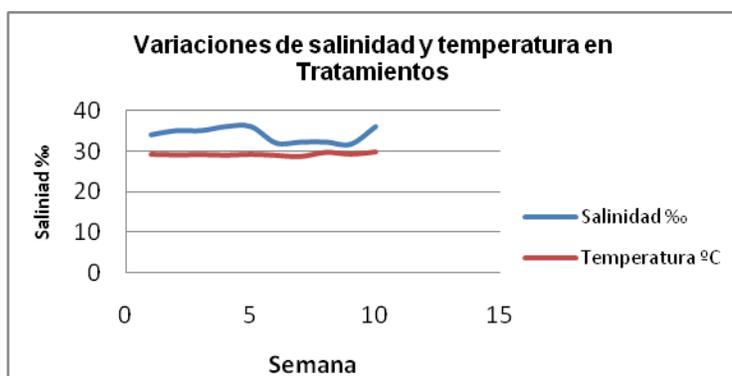
- d) Pesar 60 mg de la 17 α -MT (Figura A25)
- e) Medir 800 ml de alcohol etílico absoluto al 95%.
- f) Disolver la hormona en los 800 ml de alcohol etílico absoluto 95%. (Figura A26).
- g) A una cantidad equivalente a 1,000 g de concentrado se le incorporo un volumen de 800 ml de alcohol etílico que contiene la hormona, en una charola metálica. (Figura A27).
- h) Se remueve el concentrado con una varilla de vidrio o espátula para homogenizar el alcohol que contiene la hormona. (Figura A28).
- i) El matraz con la mezcla de concentrado, alcohol y hormona se coloca bajo una campana de extracción durante 15 minutos para evaporar el alcohol, el concentrado se vierte sobre esta, extendiéndola sobre la superficie hasta alcanzar una capa menor de un centímetro y se cubre con una manta fina. (Figura A29). El matraz se protegió de la luz, debido a que la hormona es fotodegradable.
- j) Unas vez transcurridos los 15 minutos de evaporación se desactiva la campana de extracción y se verifica el olor de la preparación, si existe presencia de alcohol etílico se procede a la extracción para terminar de evaporar el alcohol residual. El proceso se dio por finalizado cuando ya no se detecto olor a alcohol. (Figura A30).
- k) El concentrado se peso y se repartió en las raciones diarias, que se guardaron dentro de bolsas plásticas tipo Ziploc™ y se almacenaron en un congelador (0°C) hasta la aplicación en los tanques de tratamiento.

La densidad durante el tratamiento fue de 1.5 alevines por litro (1,500 /m³), durante 7 a 15 días post desove (DPH) y con un volumen efectivo al inicio del tratamiento de 200 L, es decir 300 alevines por tanque (repetición), para un total de 1,400 alevines por tratamiento. La densidad al final del tratamiento fue de 1.2 alevines por litro (1,200/m³), aproximadamente de los 16 a 38 DPH con un volumen efectivo durante esta fase de 250 L (300 alevines). Al final de la fase uno de precría (\pm 30 DPD), cada una de las repeticiones en estudio montadas en tres tanques color negro con capacidad de 300L, y una Java

color naranja con capacidad de 200L, totalizando cuatro repeticiones en total en el método de administración oral, cada una de las repeticiones fue recluida en un solo tanque con capacidad de 2,500L, donde fueron trasladados los alevines en estudio, utilizando redes de mano y cubetas.

La densidad de la fase uno de precría, aproximadamente de los 39 a los 70 DPH, fue de 0.88 alevines por litro (1,000/m³), con un volumen efectivo de esta fase de 1,700 L (1,500 alevines). Al final de esta fase, aproximadamente a los 70 días después de nacidos, se realizó el último muestreo de talla y peso, al mismo tiempo se ejecutó el conteo volumétrico antes descrito.

Para asegurar la magnitud de respuesta por el andrógeno (17 α -Metiltestosterona) en la masculinización inducida del híbrido rojo de tilapia (*Oreochromis sp*) se considero mantener controlados los factores siguientes: tamaño de los jaramugos (9.5-10 mm), etapa de desarrollo (jaramugos de seis DPD), temperatura natural del agua osciló entre 28.5 y 29.5°C, pudiendo soportar temperaturas menores y para verificarla se utilizó un termómetro de mercurio (0 a 100°C); este factor se tomo cada semana, la salinidad del agua se determinó con ayuda de un refractómetro óptico marca ATAGO con rango de 0 a 100‰, tomándose cada semana, las variaciones tanto de salinidad y temperatura presentaron poca diferenciación tal como se muestra en la Grafica 2.



Grafica 2: variaciones de salinidad se mantuvieron constantes con leves incrementos, posteriormente fue controlada disminuyendo salinidad para evitar mortalidad de alevines, las variaciones de temperatura se mantuvieron constantes.

3.3.4. Evaluación de tratamientos

Para la evaluación de los tratamientos se realizaron en total 7 muestreos de cada grupo, el primero al momento de la colecta de los alevines y posteriormente cada 8 días hasta los 70 días post desove (DPH), tomando los indicadores siguientes:

3.3.4.1. Tasa de crecimiento en peso

Para determinar la ganancia de peso, se utilizó una balanza marca SALTER con capacidad de 500 g/16 oz y una precisión de 5 g/ ½ oz, una balanza, marca MONARCA con capacidad de 40 lb x 1 oz. (Figura A31). Para determinar la tasa de crecimiento en peso se realizaron en total 7 muestreos, las cuales consistieron en pesar una muestra total por tratamiento de 70 alevines, en un periodo de ocho días durante los 70 días después de nacidos (Tabla A2), para lo cual se utilizaron las siguientes ecuaciones según Bautista; *et al*, (2005).

Tasa absoluta de crecimiento en peso (g/d)

$$= \frac{[\text{peso final (g)} - \text{peso inicial (g)}]}{\text{Tiempo (días)}}$$

Crecimiento peso específico (%PV/d)

$$= \frac{[\text{peso final (g)} - \text{peso inicial (g)}] \times 100}{\text{Tiempo (días)}}$$

3.3.4.2. Tasa de crecimiento en longitud

Para evaluar este parámetro se midió la longitud estándar de los peces, se define como la longitud que va desde la parte anterior de la boca del pez, hasta la base del pedúnculo caudal, y fue determinada mediante el uso de una regla con división en milímetros. (Figura A32). Para determinar la tasa de crecimiento en longitud se realizaron en total 7 muestreos, cada una se tomo de los tanques en tratamiento, la cual consistió en medir una muestra total por tratamiento de 70 alevines, en un periodo de ocho días durante los 70 días después de nacidos (Tabla A3). La tasa de crecimiento en longitud viene dada por la siguiente expresión:

Tasa de crecimiento en longitud absoluta (mm/d)

$$= \frac{[\text{long. final (mm)} - \text{long inicial (mm)}]}{\text{Tiempo (días)}}$$

3.3.4.3. Factor de condición K

El factor de condición K es la constante asociada al crecimiento calculado según la ecuación propuesta por Massutí y Morales-Nin (1997).

$$K = [(Wt/Lt^3) \cdot 10^5]$$

Donde:

W_t = Peso total del pez (g).

L_t = Longitud total del pez (mm).

3.3.4.4. Factor de conversión alimenticia

Según New (1987), la conversión alimenticia, se determina estableciendo la relación entre la cantidad de alimento suministrado y la biomasa neta de la población cultivada (Tabla A4), según la siguiente expresión:

$$FCA = \frac{\text{Cantidad de alimento suministrado}}{\text{Biomasa final (g)} - \text{Biomasa inicial (g)}}$$

3.3.4.5. Índice de supervivencia

Para evaluar los métodos en estudio de masculinización inducida por andrógenos en alevines del híbrido rojo de tilapia tanto en la inmersión de corto plazo como administración oral, se registró la mortalidad entre tratamientos durante el proceso de reversión con el objetivo de observar diferencias en los tratamientos, en cuanto a la mortalidad. (Tabla A5). Se calculó mediante la aplicación de la fórmula siguiente. (Galindo, 2000).

$$S (\%) = \frac{n_o - n_f}{n_o} \times 100$$

Donde:

S= Supervivencia.

n_o = Número inicial de peces.

n_f = Número final de peces.

3.3.4.6. Análisis económico

Este análisis se realizó teniendo en cuenta los principales rubros implicados en el proceso de reversión en los tratamientos bajo estudio (reproductores, alimento, hormona, electricidad, reactivos químicos y equipo). La relación beneficio costo se obtuvo en cada uno de los tratamientos, tanto el método de administración oral como en el método de inmersión de corta duración, con sus respectivos controles, con el fin de determinar las

diferencias de costos, entre los métodos en estudio, los costos se obtuvieron inventariando los rubros utilizados por unidad de investigación, en los cuales se consideró el número de unidades empleadas y los valores totales al final de la investigación.

3.3.4.7. Porcentaje de masculinización al final de la aplicación de los tratamientos

Al final de esta fase de precría, aproximadamente a los 70 días después de nacidos, se realizó la extracción de las muestras y se sacrificaron 40 alevines del tratamiento por inmersión de corta duración, 40 alevines en el grupo control del tratamiento de corta duración, 40 alevines del tratamiento por administración oral y 40 alevines del grupo control del tratamiento de administración oral, totalizando 160 individuos en los tratamientos en estudio, esto representa 4.85 % de la población total.

El método de comprobación del sexo en la eficiencia de reversión en ambos métodos de masculinización, tanto administración oral del esteroide e inmersión de corta duración se realizó con el análisis histológico.

Se preparo la solución YBAG/85, compuesta por 600 ml de Alcohol etílico al 95%; 300 ml de Formalina, 200 ml Glicerol, 100 ml Acido acético, en total se prepararon dos frascos ámbar con capacidad de 2 L, (Figura A33), la función de esta radica en la conservación de muestras para evitar el daño ocasionado en su traslado hacia el laboratorio de la Universidad de El Salvador. Cada una de las muestras fue recolectada de los tanques con capacidad de 2,500 L, donde se instaló el ensayo, ya extraídas con red de mano (lumpe), se sacrificaron cada una de las muestra utilizando un equipo de bisturí, se procedió a realizar un corte dorsal en la cabeza cortándola por completo, se cortó la aleta caudal de cada uno de los alevines para disminuir el volumen de cada muestra, (Figura A34).

Luego se almacenaron en 45 frascos plásticos color blanco con capacidad de 125 ml, los cuales fueron etiquetados con el nombre de cada uno de los tratamientos, el almacenamiento se realizó de la siguiente manera; se le agrego la solución YBAG/85 hasta la mitad de su capacidad a cada frasco, posteriormente se introdujeron las muestras en cada uno de los frascos hasta completar su volumen, (Figura A35); se empaquetaron en una caja de cartón para brindar más estabilidad y evitar derrame al momento del transporte.

La evaluación histológica del sexo se comprobó en cada uno de los tratamientos por la técnica de macerado (Gale *et al*, 1996), que consistió en macerar una porción de gónada diseccionada con un mortero, extenderla sobre una lámina, colorearla con solución de azul de Lactofenol al 2%, y colocarle una laminilla para proceder a observarla a 40X y 100X con ayuda de un microscopio óptico compuesto, marca Fisher Scientific. Este procedimiento se realizó, como mínimo, a una muestra de 40 alevines por tanque de tratamiento. Se previó que una cantidad mayor del 95% de peces que presentaron espermatogonias, células de origen de gametos masculinos, (Figura A36), en el tejido gonádico es indicadora de una masculinización efectiva. La presencia de oogonias, células de origen de gametos femeninos (Figura A37), presenten espermatogonias en más del 15% de las muestras de tejidos gonádicos provenientes de los peces diseccionados, es indicadora de un proceso de masculinización poco efectivo.

3.3.5. Factores en estudio

Los factores en estudio en la investigación fueron; porcentaje de reversión sexual, conversión alimenticia, peso corporal y longitud total.

3.3.5.1. Reversión sexual

- 1) Variable independiente: Uso de andrógeno sintético, en las dosis y duraciones establecidas.
- 2) Variable dependiente: Porcentaje de reversión sexual o masculinización.
- 3) Indicador: Porcentaje de masculinización $\geq 95\%$.

Determinar:

- a) Porcentaje de masculinización (100% espermatogonia)
- b) Porcentaje transexual (Espermatogonia y oogonías)
- c) Porcentaje de hembras (Oogonías).

3.3.5.2. Conversión alimenticia

- 1) Variable independiente: Uso de andrógeno sintético, en las dosis y duraciones establecidas.
- 2) Variable dependiente: Conversión alimenticia.
- 3) Indicador: FCR $\leq 1:2$ (1g de peso corporal ganado por cada 2 g de alimento suministrado).

3.3.5.3. Peso y talla

- 1) Variable independiente: Uso de andrógeno sintético, en las aplicaciones, dosis y duraciones establecidas.
- 2) Variable dependiente: Peso corporal y longitud total
- 3) Indicador: ≥ 8.5 g, con un índice de crecimiento de 0.0876 g/día y una talla de 7.5 cm.

3.3.6. Diseño estadístico

Tamaño de la muestra.

El tamaño de la muestra dependió de los factores técnicos de la variabilidad del fenómeno en estudio, la magnitud del error muestral y un grado de confianza tal que el error de la estimación no exceda el error máximo permisible. La muestra en una población conocida se calculo mediante la siguiente formula:

$$n = \frac{z^2 P Q N}{(N-1) E^2 + z^2 P Q N}$$

Donde:

E= Error.

P= Proporción poblacional de la ocurrencia.

Q = Coeficiente de confianza.

N= Tamaño de la población.

Z= Zeta de Tabla.

DATOS:

E= 5 %.

P= 95% Reversión.

Q = 5% no ocurra.

N= 900 Alevines.

$$n = \frac{(1.96)^2 (0.95)(0.05)(900)}{(900-1)(0.05)^2 + (1.96)^2 (0.95)(0.05)}$$

$$n = \frac{164.23}{2.43}$$

$$n = 67.6 R/$$

3.3.7. Modelo matemático

Para discriminar diferencias significativas de reversión sexual, obtenidas con la aplicación de los diferentes tratamientos de masculinización se utilizó la distribución Chi - cuadrado, con un nivel de significancia de $P \leq 0.05$. Utilizando el programa estadístico Sigmapstat versión 3.1

$$\chi^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Donde:

O_i = frecuencia absoluta de realización de un acontecimiento determinado.

E_i = frecuencia esperada.

Para los otros parámetros, como: la tasa específica de crecimiento absoluto de peso y talla, el factor de condición, mortalidad y la conversión alimenticia, se utilizó la distribución **Z**, debido a que $n > 30$, para discriminar diferencias significativas entre los resultados obtenidos con la aplicación de los diferentes tratamientos de masculinización ($P \leq 0.05$).

Prueba de hipótesis en una distribución muestral con diferencia de medias:

$$Z = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2 + S_2^2}{n_1 + n_2}}}$$

Donde:

S_1^2 = Varianza de muestra 1

S_2^2 = Varianza de muestra 2

n_1 = Numero de muestra 1

n_2 = Numero de muestra 2

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Porcentaje de masculinización

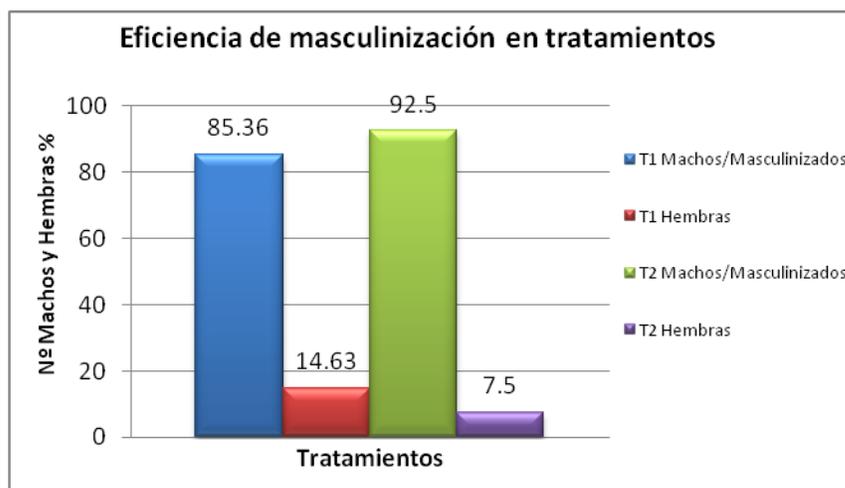
4.1.1. Evaluación histológica del sexo

La eficiencia de masculinización mediante el método de comprobación del sexo (histológico), en los tratamientos evaluados los valores obtenidos reflejaron diferencias significativas entre métodos de masculinización y tratamientos testigos, (Tabla 5).

Tabla 5: Eficiencia de masculinización mediante el método de comprobación del sexo (Histológico), en tratamientos.

Tratamiento	Sexo				
	Espermatogonia	Eficiencia de reversión (%)	Oogonias	No reversadas (%)	Total
T ₀₁	20	47.62	22	52.38	42
T ₁	35	85.36	6	14.63	41
T ₀₂	19	47.50	21	52.50	40
T ₂	37	92.50	3	7.50	40

Mediante el método histológico se encontró una proporción de machos masculinizados de 92.50%, en el método administración oral (T₂) y 85.36% en el método inmersión de corta duración (T₁) (Gráfica 3), la proporción de observaciones en las diferentes categorías que definen la tabla de contingencia no es significativamente diferente a la que se espera de ocurrencia aleatoria (P = 0,482).



Gráfica 3: Proporción de machos de 92.50% y 85.36%, en métodos de masculinización inducida T₂ y T₁, estadísticamente no se encontró diferencia significativa entre tratamientos (P = 0,482).

Los datos muestran que estadísticamente no existe diferencia significativa entre los métodos evaluados en la investigación, considerando ensayos que emplearon métodos

similares con diferentes dosis en la masculinización inducida, se observan comparaciones con los resultados obtenidos por Fitzpatrick; *et al*, (1999), en los cuales encontraron una masculinización de un 90% en el método de inmersión de corta duración y 94% en el método de administración oral, no habiendo diferencias significativas entre los tratamientos, estos resultados concuerdan con los obtenidos en el ensayo, existiendo escasa diferencia entre los datos, es de hacer notar que las condiciones a las cuales se sometieron fueron similares (dosis de hormona, temperatura, salinidad y alimento).

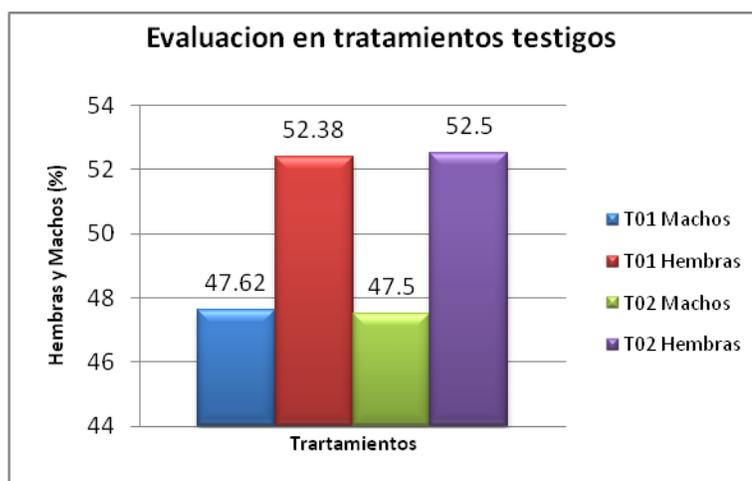
El porcentaje de eficiencia logrado en la masculinización inducida en el método de inmersión de corta duración de la tilapia roja, es buena alternativa para el reemplazo del método tradicional (masculinización oral), por su menor demanda de tiempo y mano de obra, disminuyendo la exposición de alevines y humanos a la hormona, expuestos a largos periodos, entre las limitantes del método se tienen; la dosis utilizada de la 17α -Metiltestosterona en la masculinización del sexo con el método de inmersión de corta duración esta es de 180 mg por tanque (300 L), siendo una cantidad dos veces superior comparada al método de administración oral, en la cual se utiliza una dosis de 60 miligramos de la 17α -Metiltestosterona, existiendo una diferencia entre métodos de 120 mg, por lo tanto el uso de este método dependerá del acceso a la hormona en el mercado en cantidad y precio. Estos factores deben de tomarse en cuenta la aplicación del método de inmersión dependerá de la biomasa de alevines recolectados, ya que biomasa de alevines grandes económicamente es rentable de esta manera se aprovecha al máximo el uso de hormona, recompensando económicamente la cantidad de hormona utilizada.

La técnica de administración oral, presenta la ventaja que el alimento hormonizado se gradúa, utilizando como variable los muestreos biométricos los cuales regulan la cantidad de alimento suministrado, utilizándose en biomasa de alevines grandes y pequeños de esta manera la cantidad de hormona se regula utilizándola cada vez que fuese necesario. La frecuencia de alimentación en el método de administración oral debe ser mas rigurosa, cumpliendo el protocolo establecido, si no se cumple puede afectar la masculinización, lo contrario ocurre con la técnica de reversión por inmersión de corta duración este parámetro no afecta la masculinización ya que la inducción del sexo se realiza por inmersión de la hormona al agua y la técnica de administración oral, la inducción de la hormona se realiza a través del alimento. El contacto diario a largos periodos a la

hormona mediante el alimento hormonizado puede traer como consecuencia enfermedades si no se toman las medidas de inocuidad adecuadas (mascarilla, guantes y almacenamiento). Además el periodo de reversión es largo, puede oscilar entre 28 y 30 días, y la eficiencia depende de la voluntad de alimentación de los alevines que a si mismo están influenciados por la temperatura, salinidad y densidad a la cual son sometidos al momento de la masculinización.

Considerando que la técnica tradicional en la masculinización, dependen de un gran número de variables expuestas y ante el conocimiento del momento en el cual se da la diferenciación sexual en los alevines de tilapia roja (*Oreochromis sp*), se han establecido protocolos que buscan mejorar la eficiencia teniendo un mayor control de las variables que inciden sobre esta y aplicándolos en el periodo mas adecuado. Hacer modificaciones de sexo fenotípico por la técnica de administración oral, ha generado controversia por la manipulación y exposición del operario y la eficiencia de la hormona, por este motivo la búsqueda de alternativas que reduzcan la exposición y mejoren la manipulación de la hormona 17 α -Metiltestosterona.

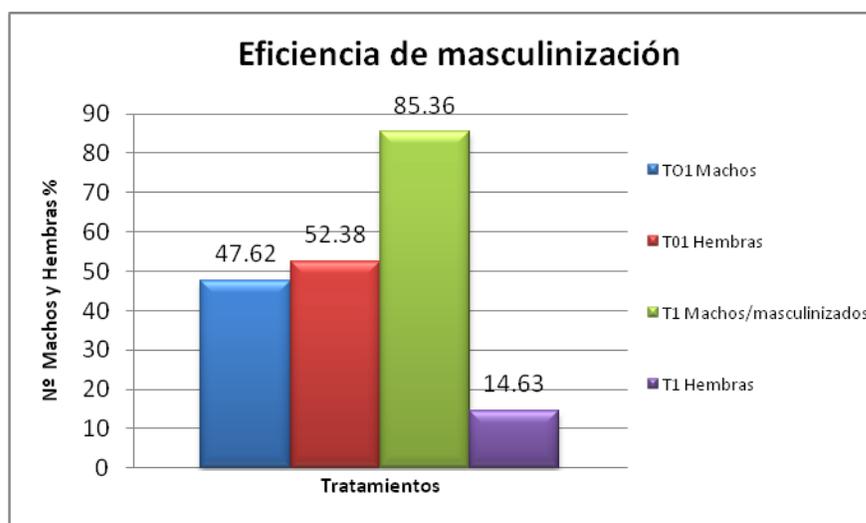
Al analizar los tratamientos evaluados entre testigos se encontró una proporción de machos del 47.62%, para el T₀₁ y de 47.50% en el T₀₂, (Gráfica 4), las proporciones de observaciones en la tabla de contingencia no varían las dos características no están significativamente relacionadas utilizando la corrección de Yates, así mismo se utilizó la continuidad para el cálculo de esta prueba con Chi-cuadrado = 0.0443 con 1 grado de libertad. (P = 0.833).



Gráfica 4: Eficiencia de machos de 47.62%, para el T₀₁ y de 47.50%, en el T₀₂, no están significativamente relacionadas. Chi-cuadrado (P = 0.833), no mostraron diferencia entre tratamientos testigos.

Los resultados muestran que estadísticamente no hay diferencia entre tratamientos testigos T₀₁ y T₀₂, esto sugiere que el reactivo químico alcohol etílico al 95%, el cual fue utilizado en el T₀₁, no tuvo ninguna reacción de masculinización y solo se emplea como diluyente de la hormona 17 α -Metiltestosterona, al mismo tiempo se comprobó que no hubo ninguna reacción secundaria por su uso, es de tomar en cuenta el tiempo de tratamiento (4 horas) al cual fueron sometidos los alevines. Los datos de proporción sexual de los alevines concuerdan con los resultados obtenidos por Faulkner; *et al* (1981), en los alevines que no se sometieron a tratamiento se encontró un aproximado de 50% hembras y 50% machos, este factor de no modificarse las condiciones de bisexualidad de la población en cultivos a otra de tipo monosexo de tilapia roja (*Oreochromis sp*), las hembras madurarán antes de alcanzar la talla comercial, por lo que estas destinarán gasto energético para fines reproductivos en detrimento del crecimiento en talla y peso, estos factores conlleva al detrimento de la rentabilidad debido al efecto directo de la tasa de crecimiento, peso y talla exigidos por los mercados.

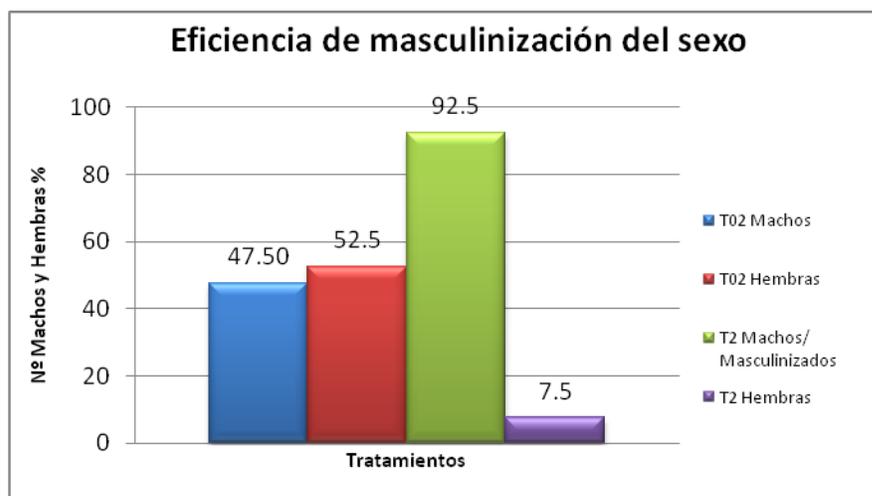
En los tratamientos evaluados entre método de inmersión y testigo se encontró una proporción de machos masculinizados del 85.36%, para el T₁ y machos de 47.62% para el T₀₁, (Gráfica 5), las proporciones de observaciones en la tabla de contingencia varían, las dos características están relacionadas significativamente con Chi cuadrado= 11.589 con 1 grado de libertad. (P = <0.001).



Gráfica 5: Eficiencia de machos de 47.62%, en el T₀₁ y machos masculinizados de 85.36%, para el T₁, estadísticamente es significativo existiendo diferencia entre tratamiento.

Los resultados sugieren que hay diferencia significativa entre los tratamientos T_1 y T_{01} , al comparar los porcentajes de masculinización el T_1 obtuvo mejor porcentaje esto sugiere que el método de inmersión de corta duración es eficiente, obteniendo una masculinización aceptable. En cuanto manejo técnico se sometieron a las mismas condiciones excepto que los alevines sumergidos en el T_{01} , no contenían la hormona, si bien el método de inmersión de corta duración es fácil de aplicar en un tiempo relativamente corto comparado con otros métodos resultaría eficaz la implementación de la masculinización de alevines.

Al evaluar las muestras en el método de administración oral y testigo, se encontró una proporción de machos masculinizados del 92.50% en el T_2 y de 47.50% para el T_{02} , (Gráfica 6), la proporción de observaciones en las diferentes categorías que definen la tabla de contingencia están significativamente relacionadas con Chi cuadrado= 17.202 con 1 grado de libertad. ($P = <0.001$).



Gráfica 6: Eficiencia de machos de 47.50%, en T_{02} y machos masculinizados de 92.50%, para el T_2 , estadísticamente es significativo existiendo diferencia entre tratamiento, Chi cuadrado ($P <0.001$).

Estadísticamente se encontraron diferencias significativas entre estos tratamientos lo que quiere decir que son diferentes los resultados obtenidos, esto sugiere que las características fenotípicas en el T_2 son mejores las cuales fueron tratadas con hormona 17 α -Metiltestosterona en el método de administración oral. Estas características fenotípicas presentan una ventaja ya que alevines masculinizados en cultivos monosexual, destinaran

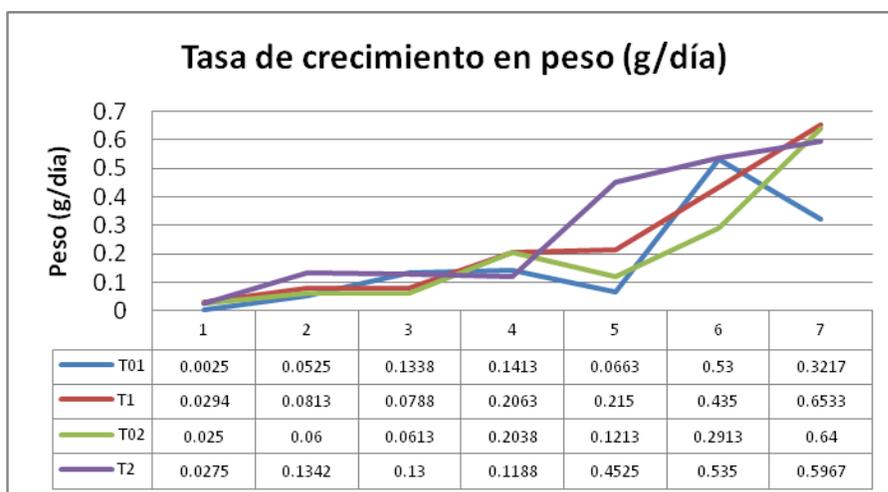
aumentó energético mejorando los parámetros productivos en tasas de crecimiento en peso y talla. Estos parámetros buscados por productores en acuicultura mejoraran la rentabilidad, sabiendo que esta es un efecto directo en la economía, ya que en este caso se va a evitar la reproducción y por ende va a existir un mayor rendimiento y eficiencia.

4.2. Parámetros productivos

La evaluación de los parámetros productivos en los tratamientos se realizó en total 7 muestreos de cada grupo, tomando los indicadores siguientes; tasa de crecimiento en peso, tasa de crecimiento en longitud y factor de conversión alimenticia.

4.2.1. Tasa de crecimiento en peso (g/día)

La tasa de crecimiento en peso, no se mantuvo constante en los tratamientos evaluados, es decir la ganancia de peso aumentaba en periodos de 8 días (tiempo muestra), este ritmo de crecimiento no se mantuvo durante los 70 días, y fue distinto en los tratamientos evaluados. En el tratamiento de administración oral (T_2), tratados con una dosis de 60 mg/kg del andrógeno 17α -Metiltestosterona durante 28 días, en este período de tratamiento la tasa de crecimiento en peso aumentó comparado con T_{01} , T_1 y T_{02} , finalizado el tratamiento de masculinización el crecimiento en peso se mantuvo perceptiblemente igual, hasta el cuarto muestreo el crecimiento en peso aumentó comparado con los demás tratamientos T_{01} , T_1 y T_{02} , (Gráfica 7).



Gráfica 7: El crecimiento de la tilapia (*Oreochromis sp*), no se mantuvo constante en la cual el T_1 y T_2 , muestran mejor índice de crecimiento.

El aumento en peso se atribuye a la hormona, estimula perceptiblemente el crecimiento en la tilapia adaptada al agua de mar, es importante mencionar que todos los tratamientos fueron mantenidos bajo condiciones similares que incluyeron la fuente de agua, salinidad, luz solar y fotoperiodo. Estudios realizados por Okimoto, D.K; *et al*, (1992), señala que la magnitud de respuesta a estos promotores de crecimiento depende de muchos factores incluyendo edad, tamaño, etapa de desarrollo, temperatura, salinidad, factores alimenticios y dietéticos, duración del tratamiento y estación. A pesar de estas variables, el uso de esteroides anabólicos se ha encontrado para producción constante y con frecuencia mejoras dramáticas de incremento en peso.

El mecanismo por el cual estas hormonas exógenas actúan como promotores del crecimiento no se tiene aclarado completamente. Obregón y Duván (2005), encontraron que la administración de la 17α -Metiltestosterona a los peces, altera algunas células del páncreas y las células granulares en el intestino y han especulado que el esteroide estimuló el proceso digestivo. Otros investigadores han proporcionado evidencias que los andrógenos pueden efectuar la digestión estimulando actividad enzimática de la tripa y su activo transporte de los aminoácidos. (Johnstone; *et al*, 1983). Es también posible que estos agentes anabólicos estimulen el crecimiento indirectamente.

Este comportamiento de crecimiento en peso se observa en el tratamiento T_1 , inmersión de corta duración los alevines se les realizó doble inmersión durante dos etapas de su, tratados con una dosis de $1,800\ \mu\text{g/L}$ del andrógeno 17α -Metiltestosterona, con una duración de 4 horas en cada inmersión, en este periodo de tratamiento, la tasa de crecimiento en peso aumentó comparado con los tratamientos testigos en ambos métodos de masculinización T_{01} y T_{02} . Sin embargo el periodo de crecimiento en peso es más tardío que el T_2 , presentándose hasta el quinto muestreo tal como se nota en Gráfica, este fenómeno podría atribuírsele a la diferenciación de cada uno de los métodos de masculinización, en la técnica de administración oral los alevines se someten a un periodo más largo el cual puede oscilar entre 28 - 30 días, comparado con el método de inmersión de corta duración, los alevines se someten a la hormona solamente dos veces durante dos días en toda su vida. Al finalizar la evaluación de peso (g/día), se observó que las curvas se interceptan en los tratamientos T_1 , T_{02} y T_2 , este comportamiento sugiere que la tasa de crecimiento en peso fue semejante al final de la investigación.

4.2.2. Peso final

En los datos de crecimiento en peso final en el periodo de estudio (70 días), mostraron diferencias, obteniendo el mejor peso final de 14.96 g para el T₂ y de 12.54 en el T₁, (Gráfica 8), con una diferencia entre tratamiento de 2.42 g, esta diferencia podría atribuírsele al método de masculinización ya que en administración oral los alevines están en exposición por mayor tiempo a la hormona 17 α -Metiltestosterona, a la cual se le atribuye la estimulación de peso.

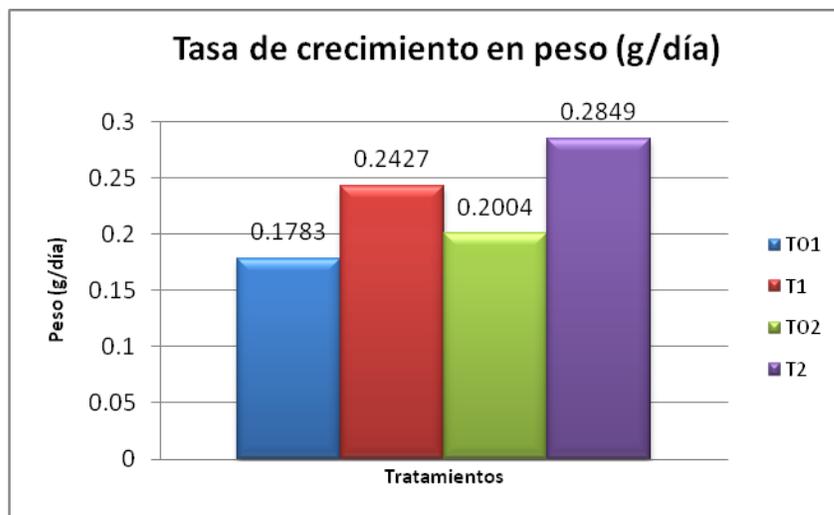


Gráfica 8: Los datos de crecimiento en peso final mostraron diferencias en los tratamientos T₀₁, T₁, T₀₂ y T₂.

Los tratamientos testigos de cada método de masculinización mostraron similar ganancia de peso, en el T₀₁ se obtuvo un peso final de 10.14 g y el T₀₂ de 9.5 g, si se comparan estos resultados entre métodos de masculinización, claramente existe una diferencia de crecimiento entre testigos de 3.95 g, esta diferencia puede adjudicarse a la presencia de hormona 17 α -Metiltestosterona en los métodos de masculinización por vía oral e inmersión de corta duración, lo que refleja que la hormona en estudio mejora y estimula el crecimiento.

A pesar de la variabilidad presentada por el peso con respecto al tiempo de muestra en la investigación, este comportamiento de peso final se relaciona con la tasa de crecimiento en peso (g/día), obteniendo los mejores resultados en el T₂ de 0.2849 g/día, y de 0.2427 g/día para el T₁, la diferencia de crecimiento entre métodos fue de 0.0422 g/día, (Gráfica 9), este comportamiento concuerda con los resultados obtenidos al final del tratamiento en cuanto a peso final. Los testigos mostraron menor tasa de crecimiento de 0.2004 g/día

para el T₀₂ y de 0.1783 g/día para el T₀₁, la diferencia entre tratamientos testigos es de 0.0221 g/día, este resultado muestra que ambos tratamientos son semejantes, a los cuales no se les aplicó la hormona 17 α -Metiltestosterona, es importante recordar que el manejo técnico fue similar en los demás tratamientos, eso incluye; alimentación, cambio de agua, aireación, temperatura y salinidad. Estos resultados muestran que se alcanzó un mejor crecimiento en peso en los métodos de masculinización influenciados por la hormona 17 α -Metiltestosterona, a pesar que la evaluación se realizó en un periodo relativamente corto para observar cambios fenotípicos.



Gráfica 9: La tasa de crecimiento en peso (g/día), en los tratamientos evaluados presentó la mejor tasa en el T₂, fue de 0.2849 g/día y de 0.2427 g/día para el T₁.

Al comparar los métodos en estudio el T₁ y T₂, los análisis estadísticos en la distribución Z_c, de prueba de hipótesis en una distribución muestral con diferencia de medias, se determinó que no hay diferencias significativas en cuanto a tasa de crecimiento en peso, ($P \leq 0.05$), en ambos tratamientos evaluados tanto el método de masculinización de corta duración y administración oral de esteroide, sugiriendo que los métodos de masculinización propuestos son estadísticamente iguales al compararlos con esta variable, esto sugiere que el método de masculinización inmersión de corta duración mejora e iguala al método tradicional, por lo tanto ambos métodos pueden ser utilizados para mejorar el peso en el periodo de investigación (70 días), la diferencia entre tratamientos testigos sugiere que estadísticamente no hay diferencia significativa entre T₀₁, T₁, T₀₂ y T₂, este comportamiento se debe a que los alevines fenotípicamente no se han desarrollado para diferenciar discrepancias considerables, además los tratamientos

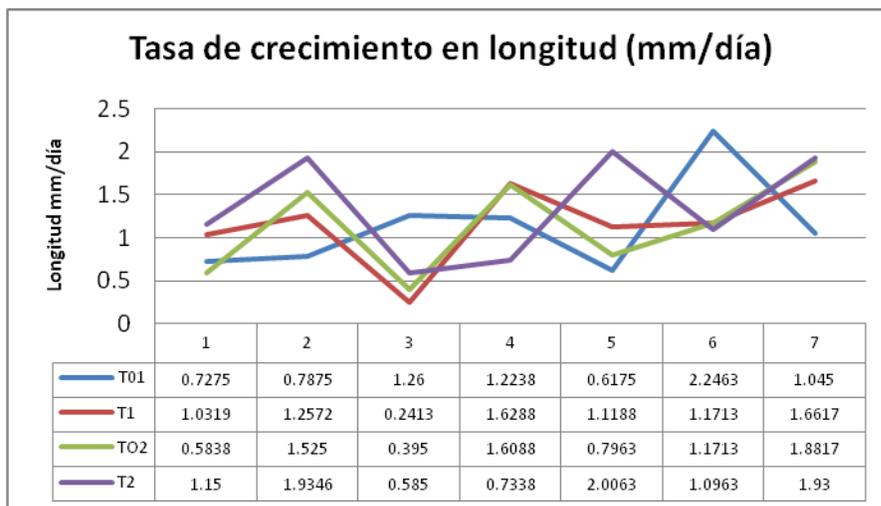
testigos presentaron un promedio de machos de 47.55% y 52.44% hembras, hay que recordar que la reproducción de la tilapia roja (*Oreochromis sp*) muestra una fecundación temprana, además es una especie prolífera (Vendaval, 1999). Estas características de reproducción presentan ciertas desventajas, ya que éstas destinarán gasto energético para fines reproductivos en detrimento del crecimiento y ganancia de peso con respecto al macho. Estas diferencias no son muy notorias en el periodo evaluado (70 días), ya que la reproducción en las poblaciones no se presentó en este periodo.

Por esta razón se hace mención de los porcentajes de hembras presentes en los tratamientos testigos, si comparan con los porcentajes encontrados en los métodos de masculinización la media de hembras fue de 11.06%, muy por debajo a los testigos, con la diferencia entre las poblaciones mono-sexual compuesta de machos; en este caso se va a evitar la reproducción, y por lo que se espera un mayor rendimiento y eficiencia, aumenta la tarifa de crecimiento somática debido a la evitación de las pérdidas de energía, que se asocian al desarrollo gonadal y a la reproducción.

4.2.3. Tasa de crecimiento en longitud

La tasa de crecimiento en longitud durante el periodo de investigación, no se mantuvo constante en los tratamientos evaluados (Gráfica 10), este comportamiento se observó en periodos de ocho días hasta completar la fase final (70 días), los tratamientos T₁ y T₂ tratados con la hormona 17 α -Metiltestosterona, presentaron en los periodos de tratamiento un ligero aumento tal como se nota en la Gráfica, esto sugiere que en los periodos tratados con la hormona la tasa de crecimiento aumentó, esto podría atribuirse a que la hormona, además de masculinizar las poblaciones de tilapia estimula el crecimiento, finalizado esos periodos donde los alevines se ven influenciados por la hormona, este parámetro decrece observando aumentos significativos y bajas, este comportamiento se mantuvo durante el periodo de estudio. Investigaciones realizadas por Okimoto, D.K; *et al*, (1992), sugieren que la hormona 17 α -Metiltestosterona en dosis apropiada, puede aumentar perceptiblemente el crecimiento en tilapia.

Estos resultados demuestran claramente la eficiencia anabólica de la 17 α -MT en esta especie, sin embargo la magnitud de respuesta anabólica difiere en diversas especies y a veces dentro de la misma especie.



Gráfica 10: la tasa de crecimiento en longitud no fue constante en el periodo de investigación.

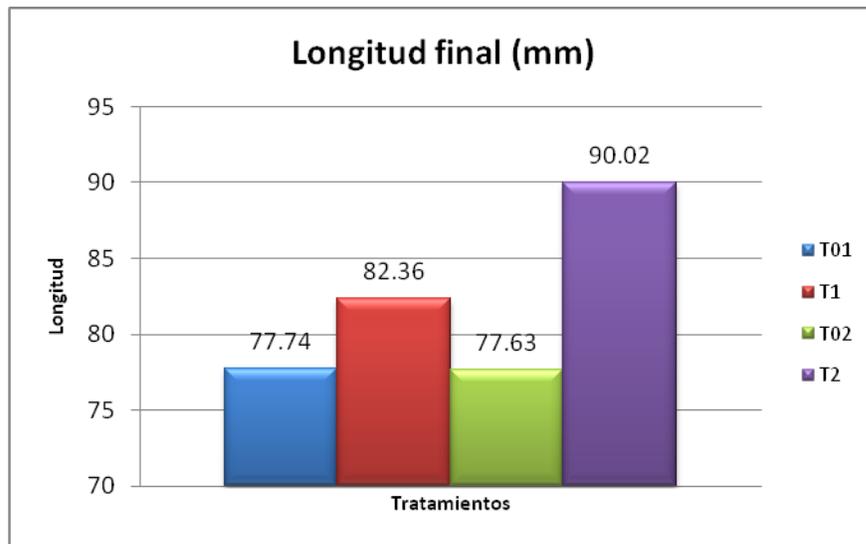
Las variaciones de crecimiento en longitud (mm/día), podrían atribuírsele a los cambios de salinidad natural, la cual osciló entre 31.7 y 36 ‰, otro parámetro importante fue la calidad del agua, a pesar de ser tratada por un sistema de filtración de agua salobre, el cual cuenta con un filtro de arena de sílice y filtro de cartucho, cuya función radica en impedir el ingreso de partículas coloidales, algas y otros desechos, la presencia de camarones silvestres, zambos, tilapia y otros, pudo afectar la calidad del agua por sus desechos fisiológicos (orina y heces) afectando de alguna manera el desarrollo de los alevines.

4.2.4. Longitud final

El crecimiento de alevines tratados con los métodos propuestos de masculinización inducida mostraron diferencias, obteniendo la mejor longitud final de 90.02 mm por el T₂ y de 82.37 mm en el T₁, con una diferencia entre tratamiento de 7.65 mm, esta diferencia podría atribuírsele al método de masculinización ya que en administración oral los alevines están en exposición por mayor tiempo a la hormona 17 α -Metilttestosterona, a la cual se le atribuye la estimulación de crecimiento.

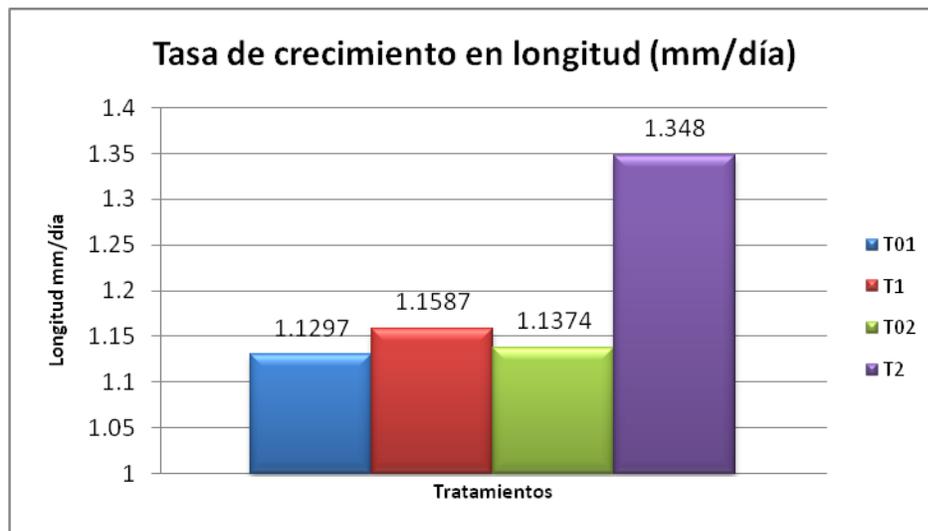
Los tratamientos testigos de cada método mostraron similares características de crecimiento, obteniendo una longitud final de 77.74 mm y 77.63 mm, en los tratamientos T₀₁ y T₀₂ respectivamente (Gráfica 11), comparado con métodos de masculinización existe una diferencia de crecimiento entre testigos y tratamientos de 12.39 mm, esta diferencia

se adjudica a la presencia de hormona 17α -Metiltestosterona en los métodos de masculinización por vía oral (T_2) e inmersión de corta duración (T_1).



Gráfica 11: Los datos de crecimiento en longitud final mostraron diferencias, obteniendo mejor longitud final el T_2 .

Estas diferencias reflejan que la hormona mejora y estimula el crecimiento tal como se ha mencionado, a pesar de la variabilidad presentada en el crecimiento con respecto al tiempo de muestra en la investigación, el comportamiento de crecimiento se relaciona con la tasa de crecimiento en longitud (mm/día), la mejor tasa de crecimiento se encontró en el T_2 de 1.348 mm/día, y 1.1587 mm/día para el T_1 , la diferencia de crecimiento entre métodos fue de 0.1893 mm/día, (Gráfica 12), este comportamiento concuerda con los resultados obtenidos al final del tratamiento en cuanto a longitud final, ya que en el T_2 se obtuvo mejor longitud, con respecto a los testigos que mostraron menor tasa de crecimiento, obteniendo resultados de 1.1374 mm/día en el T_{02} y de 1.1297 mm/día para el T_{01} , la diferencia entre tratamientos testigos es de 0.0077 mm/día, este resultado muestra que los tratamientos testigos son semejantes, los cuales no fueron tratados con la hormona 17α -Metiltestosterona, es importante recordar que el manejo técnico fue similar en los demás tratamientos, eso incluye; alimentación, cambio de agua, aireación, temperatura y salinidad, con estos resultados podemos decir que hubo un mejor crecimiento en longitud, en los métodos de masculinización influenciados por la hormona 17α -Metiltestosterona, mejorando el crecimiento a pesar que fue en un periodo relativamente corto para observar cambios fenotípicos.



Gráfica 12: Las mejores tasas de crecimiento se presentaron en el T₂ y T₁, obteniendo una tasa de crecimiento de 1.348 mm/día y 1.1587 mm/día respectivamente.

Al comparar los tratamientos T₁ y T₂, los análisis estadísticos en la distribución Z_c, de prueba de hipótesis en una distribución muestral con diferencia de medias, se determinó que no hay diferencias significativas en cuanto a tasa de crecimiento en longitud ($P \leq 0.05$), en ambos tratamientos evaluados tanto el método de masculinización de corta duración y administración oral de esteroide, sugiriendo que la manipulación en la inmersión no afecta este parámetro, el tratamiento T₂ muestra un aumento de crecimiento de 90.02 mm, sobre el T₁ de 82.37 mm, estadísticamente no es significativo por lo tanto no existiendo diferencia en los métodos de masculinización, ambos métodos pueden ser recomendados para estimular el crecimiento en un periodo de setenta días.

Los tratamientos testigos estadísticamente fueron similares, este comportamiento se debe a que los alevines fenotípicamente no se han desarrollado para diferenciar discrepancias considerables, además los tratamientos testigos presentaron un promedio de machos de 47.55% y de 52.44% hembras, hay que recordar que la reproducción de la tilapia roja (*Oreochromis sp*) muestra una fecundación temprana, además es una especie prolífera (Vendaval, 1999). Estas características de reproducción presentan ciertas desventajas, ya que éstas destinarán gasto energético para fines reproductivos en detrimento del crecimiento con respecto al macho. Estas diferencias no son muy notorias en el periodo evaluado (70 días), ya que la reproducción en las poblaciones no se presentó en este periodo. Comparado con los porcentajes de hembras presentes en los tratamientos de masculinización y testigos, encontrando una media de 11.06% hembras no masculinizadas

en los métodos propuestos, un porcentaje inferior a los testigos, la diferencia entre las poblaciones mono-sexual es decir compuesta de machos, tiene la ventaja que al evitar la reproducción se espera un mayor rendimiento y eficiencia, aumentando la tarifa de crecimiento somática debido porque se evitan las pérdidas de energía, asociadas al desarrollo gonadal y a la reproducción.

4.2.5. Factor de condición K

El factor de condición se obtuvo al final del periodo de investigación (70 días), en los tratamientos evaluados inmersión de corta duración y administración oral, dicho factor fue de 2.24 para el T₁ y de 2.05 en el T₂, los tratamientos testigos se calculó el factor de condición, encontrando valores similares en los métodos evaluados, el T₀₁ obtuvo una condición de 2.02 y de 2.17 para el T₀₂, (Tabla 6), al comparar los tratamientos la diferencia de la constante asociada al crecimiento entre peso final (g) y longitud final (mm), fueron similares. Estos resultados no coinciden con lo expuesto por Swingle (1968); Vinatea (1982), que expresan que el valor ideal que denota una perfecta relación entre talla y peso alcanzada por los peces, es igual a 1.0 y por consiguiente, entre más cercano esté a 1.0 el valor obtenido en el factor “K” para la tilapia en cultivo, mejor será su condición corporal en cuanto a la relación antes mencionada.

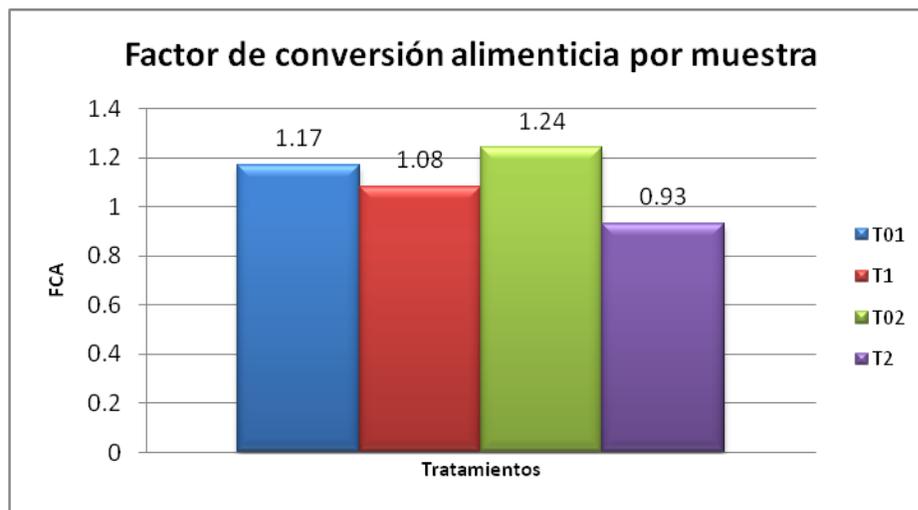
Los valores obtenidos en la investigación son mayores con dicho parámetro, a pesar de esto los tratamientos denotaron el mismo comportamiento, esto significa que la relación entre peso final y longitud final en todos los tratamientos evaluados son similares, lo que concuerda con el análisis estadístico al final de la evaluación, en el cual no se observó ninguna diferencia significativa entre grupos tratados y los controles. (P ≥ 0.05). Los valores máximos observados se dieron en los grupos T₁ y T₀₂, mientras que los valores mínimos T₀₁ y T₂, notablemente, el factor de condición es más alto en el grupo que también exhibió crecimiento máximo. Estas observaciones indican que la 17 α-Metiltestosterona indujo más crecimiento en peso que longitud.

Tabla 6: Constante asociada al crecimiento (k)

Tratamiento	Peso total (g)	Longitud total (mm)	Condición K
T ₀₁	9.50	77.74	2.02
T ₁	12.54	82.37	2.24
T ₀₂	10.14	77.63	2.17
T ₂	14.96	90.02	2.05

4.2.6. Factor de conversión alimenticia

Los valores de conversión alimenticia no presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0,05$), siendo significativamente iguales los tratamientos T_{01} , T_1 , T_{02} y T_2 , en los cuales se obtuvo una conversión alimenticia de 1.17, 1.08, 1.24 y 0.93 respectivamente (Gráfica 13). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Ulloa y Col (2002), al alimentar alevines de tilapia obtuvieron valores de conversiones alimenticias de 1.2 y 1.3, similares a los alcanzados en esta investigación. Los valores obtenidos en el ensayo indican que durante el periodo de investigación (70 días), el factor de conversión alimenticia no se modificó entre tratamiento.



Gráfica 13: Los valores de conversión alimenticia no presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0,05$), siendo significativamente iguales los tratamientos T_{01} , T_1 , T_{02} y T_2 .

A los grupos tratados se les suministró concentrado peletizado con 32% de proteína, previamente molido, los valores obtenidos en la evaluación pueden modificar entre tratamiento a medida los alevines desarrollen hasta la etapa de precría, hay que recordar que la tilapia roja muestra una reproducción temprana, antes de alcanzar los 15 cm de longitud total, por lo que es una especie prolifera, trae como consecuencia una disminución de consumo de alimento por parte de la tilapia debido a que esta incuba los huevos ya fertilizados en su boca y durante ese tiempo no come, presentando menor rendimiento en talla y peso con respecto al macho, esta modificación en la conversión alimenticia se notará en los tratamientos testigos no tratados con la hormona 17α -Metiltestosterona. En los cuales las proporciones encontradas de machos no superan el 50%, resultando un cultivo atrofiado que traerá como consecuencia la sobrepoblación.

4.3. Índice de supervivencia

La mortalidad presente en la investigación estadísticamente no es significativa en los tratamientos evaluados, al final de la fase de tratamiento (70 días), en los tratamientos T₂, T₁, T₀₁ y T₀₂, ocurrió una mortalidad de 23.43%, 25.07%, 20% y 30.5% respectivamente (Gráfica 14). Esto sugiere al parecer que la supervivencia no fue afectada por la hormona 17 α -Metiltestosterona. La supervivencia dependerá de varios factores tal como lo muestra Fisheries (1990), entre los cuales se tienen: la especie, dosis de hormona, PH, amonio y densidad de siembra, estos factores pueden influir en la mortalidad, a tal grado que bajara la producción.

Los porcentajes de mortalidad de alevines sugeridos por Civa (2003), durante el proceso de reversión sexual pueden alcanzar del 28% al 40%, los porcentajes de mortalidad en esta investigación no superan el 30.5%, lo cual hace referencia a que el uso de la hormona no influye, esto se manifiesta en los tratamientos testigos T₀₁ y T₀₂ en los cuales la mortalidad promedio osciló en 25.25%, además un porcentaje de mortalidad reflejada representa un 7.42% a un corte de electricidad que impidió el suministro de aire durante 7 horas por lo que murieron 245 alevines durante ese periodo.



Gráfica 14: La mortalidad presente en la investigación estadísticamente no es significativa en los tratamientos evaluados, al final de la fase de tratamiento, 70 días para el T₂, T₁, T₀₁ y el T₀₂.

El índice de supervivencia evaluado en los métodos bajo estudio de masculinización inducida por andrógenos en alevines del híbrido rojo de tilapia, tanto en la inmersión de corto plazo como administración oral, es aceptable entre los tratamientos T₀₁, T₁, T₀₂ y T₂,

obteniendo una supervivencia de 80%, 74.93%, 69.5% y 76.57% respectivamente, la diferencia entre tratamientos testigos y tratamientos en estudio sugieren que la hormona utilizada 17 α -Meteltestosterona no afectó este parámetro, los porcentajes de supervivencia respaldan esta teoría.

A pesar que el número de peces muertos por día, fue de 5.37 en el T₁ y de 4.68 para el T₂, comparado con los tratamientos testigos resulta superior obteniendo un número de peces muertos por día de 0.57 en el T₀₁ y de 0.87 para el T₀₂, (Tabla 7), estos resultados indican que la hormona en estudio no afectó este parámetro, es de tomar en cuenta las variables de manejo entre estas se puede mencionar la densidad de alevines (alevines/m²), pudo influir en la mortalidad entre tratamientos, otra variable que pudo afectar en la supervivencia es la aireación y el periodo de precría durante el ensayo. A pesar de estos análisis la supervivencia es aceptable en los métodos de masculinización tanto en administración oral e inmersión de corta duración.

Tabla 7: Índice de supervivencia para tratamientos evaluados.

Tratamiento	Número inicial de peces	Número final de peces	Número de peces muertos/día	Supervivencia (%)	Mortalidad (%)
T ₀₁	200	160	0.57	80	20.00
T ₁	1,500	1,124	5.37	74.93	25.07
T ₀₂	200	139	0.87	69.5	30.50
T ₂	1,400	1,072	4.68	76.57	23.43

T₀₁= Tratamiento control de inmersión de corta duración sin la adición de andrógeno.

T₁= Inmersión de corta duración, en formato 2v x 4h x 1,800 μ g/L.

T₀₂= Tratamiento control de administración oral sin la presencia de andrógeno.

T₂= Administración oral, en formato 28d x 6v x 60mg/kg.

* 7.42 % mortalidad corte de electricidad.

4.4. Análisis económico

El análisis se realizó teniendo en cuenta los principales rubros implicados en el proceso de masculinización, al valorar los costos de hormona utilizada en los métodos propuestos, se determinó un costo de \$12.96 y \$4.32 en el T₁ y T₂ respectivamente, con una diferencia de \$8.64, el incremento de precio en el T₁ se debe a la cantidad de la hormona utilizada es dos veces mayor incrementando los costos, a pesar de este comportamiento al final de la etapa de investigación se determinó que los reactivos químicos y equipos utilizados en los métodos son distintos diferenciando los costos.

Los costos obtenidos por tratamientos fueron diferentes: \$157.08, \$177.25, \$157.06 y \$189.49 en los tratamientos T₀₁, T₁, T₀₂ y T₂, respectivamente (Tabla 8), los menores

costos totales se establecieron en los tratamientos controles T_{01} y T_{02} , en los cuales no se les aplicó ninguna técnica de masculinización, los costos reflejados se deben al manejo técnico (alimentación y aeración etc.). Al comparar los costos totales entre tratamientos los mayores costos se presentaron en el T_2 , a pesar que la cantidad de hormona utilizada es menor los costos se ven incrementados por los reactivos químicos utilizados y equipo comparado con el tratamiento T_1 , este método resultaría económicamente viable su implementación en la masculinización de alevines. Otro factor a considerar en la implementación de este método es que el acceso a la hormona en el mercado es limitado.

Tabla 8: Análisis económico de tratamientos

Rubro	T ₀₁			T ₁			T ₀₂			T ₂		
	Costo/ unidad (\$)	Unidad	Costo total (\$)	Costo/ unidad (\$)	Unidad	Costo total (\$)	Costo/ unidad (\$)	Unidad	Costo total (\$)	Costo/ unidad (\$)	Unidad	Costo total (\$)
Alimento concentrado para tilapia contenido proteico del 32%, marca AQUAMOR (lb)	0.30	2.16 lb	0.65	0.30	12.35 lb	3.70	0.30	2.33 lb	0.70	0.30	15.31lb	4.59
Alimento concentrado (pienso) AQUAMOR extrusado para "tilapia", contenido proteico del 28% p/engorde	0.25	34.75	8.68	0.25	34.75	8.68	0.25	34.75	8.68	0.25	34.75	8.68
Hormona 17 α -MT (mg)	-	-	-	0.018	720 mg	12.96	-	-	-	0.018	240 mg	4.32
Alcohol Etilico absoluto del 95 %	0.0034	320 ml	1.09	0.0034	380 ml	1.29	0.0034	300	1.02	0.0034	1,900 ml	6.46
Pipeta serológica	-	-	-	3.96	1	3.96	-	-	-	-	-	-
Carga de oxigeno de 220 pies ³	17	¼	4.25	17	¼	4.25	17	¼	4.25	17	¼	4.25
Diesel (Gls) Flete de transporte terrestre desde Sonsonate hasta Salinas el Potrero, Jiquilisco	3.90	5.13	20.00	3.90	5.13	20.00	3.90	5.13	20.00	3.90	5.13	20.00
Manómetro	2.92	¼	0.73	2.92	¼	0.73	2.92	¼	0.73	2.92	¼	0.73
Bolsas ziploc	0.05	2	0.10	0.05	2	0.10	0.05	2	0.10	0.05	2	0.10
Luz eléctrica	0.0106/L	9300 L	98.58	0.0106/L	9300 L	98.58	0.0106/L	9300 L	98.58	0.0106/L	9300 L	98.58
Manta fina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.75	2	1.50
Charola metálica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	1	17.28
Formalina 600 ml	0.0028	150	0.42	0.0028	150	0.42	0.0028	150	0.42	0.0028	150	0.42
Glicerol 400 ml	0.0090	100	0.90	0.0090	100	0.90	0.0090	100	0.90	0.0090	100	0.90
Acido acético 200 ml	0.0034	50	0.17	0.0034	50	0.17	0.0034	50	0.17	0.0034	50	0.17
Frascos plásticos 45 ml c/u	0.25	12	3.00	0.25	12	3.00	0.25	12	3.00	0.25	12	3.00
Galones (3.784L) gasolina regular para el uso de planta eléctrica.	3.90	3.96	15.44	3.90	3.96	15.44	3.90	3.96	15.44	3.90	3.96	15.44
Cuartos de Galón (0.946 L) de aceite para motor SAE10W-20	0.0042	236.5	0.99	0.0042	236.5	0.99	0.0042	236.5	0.99	0.0042	236.5	0.99
Gramos de EDTA sal disodica para tratamiento de agua dulce	0.0005	405	0.20	0.0005	405	0.20	0.0005	405	0.20	0.0005	405	0.20
Gramos de Tiosulfato de sodio para decloracion de agua	0.0117	157.95	1.85	0.0117	157.95	1.85	0.0117	157.95	1.85	0.0117	157.95	1.85
Gramos de hipoclorito de calcio para tratamiento de agua dulce	0.0002	157.95	0.03	0.0002	157.95	0.03	0.0002	157.95	0.03	0.0002	157.95	0.03
Total tratamiento			157.08			177.25			157.06			189.49

5. CONCLUSIONES

Basados en los resultados obtenidos al evaluar la respuesta de Tilapia roja (*Oreochromis sp*), en los métodos de masculinización inducida, Inmersión de corto plazo y administración oral, se expresa que:

Los resultados de las mediciones de los parámetros físicos químicos y biológicos, mostraron que tanto las condiciones de temperatura y salinidad se mantuvieron dentro de los rangos óptimos, mientras que la concentración de oxígeno disuelto se mantuvo próxima a este rango óptimo sin presentar variaciones drásticas.

Mediante el método histológico se encontró una proporción de machos masculinizados de 92.50%, en el método administración oral (T_2) y 85.36% en el método inmersión de corta duración (T_1), la proporción de observaciones en las diferentes categorías que definen la tabla de contingencia no es significativamente diferente a la que se espera de ocurrencia aleatoria ($P = 0,482$). Estos datos muestran que estadísticamente no existe diferencia significativa entre los métodos evaluados, la proporción de eficiencia en la masculinización inducida mediante el método de inmersión de corta duración de la tilapia roja, es buena alternativa para el reemplazo del método tradicional (masculinización oral), por su menor demanda de tiempo y mano de obra, disminuyendo la exposición de alevines y humanos a la hormona, expuestos a largos periodos.

En los tratamientos evaluados entre testigos se encontró una proporción de machos de 47.62%, para el T_{01} y de 47.50% en el T_{02} , las proporciones de observaciones en la tabla de contingencia no varían. Las dos características no están significativamente relacionadas utilizando la corrección de Yates se utilizó la continuidad para el cálculo de esta prueba con Chi-cuadrado ($P=0.833$). Estos resultados muestran que estadísticamente no hay diferencia entre tratamientos testigos, los alevines que no se sometieron a tratamiento de masculinización por los métodos propuestos no cumplen las proporciones esperadas, este factor de no modificar las condiciones de bisexualidad de la población en cultivo a otra de tipo monosexo de tilapia roja (*Oreochromis sp*), las hembras maduraran antes de alcanzar la talla comercial, por lo

que estas destinaran gasto energético para fines reproductivos en detrimento del crecimiento en talla y peso, estos factores conllevan al detrimento de la rentabilidad debido al efecto directo de la tasa de crecimiento en peso y talla.

Al evaluar el método de inmersión y testigo se encontró una proporción de machos masculinizados de 85.36%, para el T_1 y machos de 47.62% para el T_{01} , las proporciones de observaciones en la tabla de contingencia varían, las dos características están relacionadas significativamente con Chi cuadrado ($P \leq 0.001$). Los resultados sugieren que hay deferencia significativa entre los tratamientos T_1 y T_{01} , la eficiencia de masculinización obtenida en el T_1 sugiere que el método de inmersión de corta duración es eficiente, ya que se obtiene una masculinización aceptable.

Al evaluar las muestras en el método de administración oral y testigo, se encontró una proporción de machos masculinizados de 92.50% en el T_2 y de 47.50% para el T_{02} , la proporción de observaciones en las diferentes categorías que definen la tabla de contingencia están significativamente relacionadas con Chi cuadrado ($P \leq 0.001$). Estadísticamente se encontraron diferencias significancia los resultados obtenidos son diferentes, lo que sugiere que las características fenotípicas en el T_2 son mejores las cuales fueron tratadas con hormona 17 α -Metiltestosterona en el método de administración oral. Estas características fenotípicas presentan una ventaja ya que alevines masculinizados en cultivo monosexual, estos destinaran aumentó energético mejorando los parámetros productivos en tasas de crecimiento en peso y talla. Estos parámetros buscados por productores en acuicultura mejoraran la rentabilidad, sabiendo que esta es un efecto directo en la economía, ya que en este caso se va a evitar la reproducción y por ende va a existir un mayor rendimiento y eficiencia.

La eficiencia de la masculinización del sexo en la técnica de administración oral depende del protocolo establecido, el cual se ve afectado por; la disponibilidad de alimento, frecuencia de alimentación, de las condiciones del alimento como porcentaje de proteína y homogenización de la hormona, además el tiempo de masculinización es relativamente largo comparado con el método de inmersión de corta duración, el protocolo establecido es corto facilitando la implementación, comparado con la técnica tradicional.

La frecuencia de alimentación debe ser mas rigurosa en el método de administración oral del esteroide, cumpliendo el protocolo establecido, si no se cumple pueden haber variaciones en la masculinización, lo contrario ocurre con la técnica de inmersión de corta duración, este parámetro no afecta la masculinización ya que la inducción del sexo se realiza por inmersión de la hormona al agua, lo contrario ocurre con la técnica de administración oral ya que la inducción de la hormona se realiza a través del alimento.

La competencia por el alimento hormonizado en la técnica de administración oral puede ser otro factor que disminuya la masculinización en población de alevines, debido a que los alevines de mejor tasa en crecimiento de longitud y peso de mejores características se alimentaran primero dejando los de menor tasa de crecimiento, estableciendo jerarquías entre larvas rezagada por la competencia del alimento y por ende alevines de menor tasa de crecimiento al final del tratamiento.

La técnica tradicional de masculinización inducida, presenta desventajas comparada con la técnica de inmersión de corta duración, una de ellas es que el periodo de reversión es largo, oscila entre 28 a 30 días, la eficiencia depende de la voluntad de alimentación de los alevines, mayor mano de obra en cantidad y calidad debido al tiempo invertido en molido de alimento, mezcla de hormona y precisión en los pesajes de la misma, mayor frecuencia de alimentación, emplea un alimento balanceado con alta proteína para hacerlo atractivo a las larvas y los operarios están expuestos a largos periodos a la hormona.

La tasa de crecimiento en peso, no se mantuvo constante en los tratamientos evaluados, es decir la ganancia de peso aumentó en periodos de ocho días (tiempo muestra), este ritmo de crecimiento no se mantuvo constante durante los 70 días, por lo que dicho comportamiento fue distinto en los tratamientos evaluados. En T₂ el periodo de masculinización la tasa de crecimiento en peso aumentó comparado con los demás tratamientos, esto se debe a que la hormona en estudio estimula perceptiblemente el crecimiento en tilapia, además el método de administración oral permite que la hormona 17 α -Metiltestosterona este en contacto con los alevines en un periodo mas largo estimulando la tasa de crecimiento en peso por mayor tiempo,

comparado con la técnica de inmersión de corta duración, el periodo de tratamiento es corto y la eficiencia de crecimiento es mas tardío, observándose hasta la quinto muestreo, a pesar de esta diferencia de tiempo la tasa de crecimiento en peso estadísticamente no presento significancia al final de la evaluación, por lo tanto el método propuesto igualo perceptiblemente al método tradicional recomendando la implementación del método de inmersión de corta duración.

Los datos de crecimiento en peso final durante el periodo de estudio en los tratamientos T_{01} , T_1 , T_{02} y T_2 , mostraron diferencia de crecimiento entre testigos los cuales fueron 10.14, 12.54, 9.5 y 14.96 gramos respectivamente, obteniendo mejor peso final los tratamientos T_1 y T_2 , esta diferencia podría atribuírsele al método de masculinización en la cual se empleo la hormona 17α -Metiltestosterona, a la cual se le atribuye la estimulación de peso, este comportamiento esta relacionado con la tasa de crecimiento en peso en gramos/día, la mejor tasa de crecimiento se encontró en el T_1 y T_2 , obteniendo los valores de 0.2427 g/día y 0.2849 g/día, estos datos concuerdan con los obtenidos al final de la investigación los mejores valores de peso se encontraron en los tratamientos T_1 y T_2 , a pesar de estas diferencias estadísticamente no se encontró diferencia significativa en los tratamientos evaluados.

La tasa de crecimiento en longitud al final del periodo de investigación no se mantuvo constante entre tratamientos evaluados, en el periodo de masculinización se noto un ligero aumentó de crecimiento en el tratamiento T_2 , esto sugiere que en el periodo tratado con la hormona la tasa de crecimiento aumentó, podría atribuírsele a la hormona 17α -Metiltestosterona, además de masculinizar la población estimula el crecimiento, finalizado el tratamiento el crecimiento no se mantiene constanste hasta finalizar la investigación.

Los datos de crecimiento en longitud final en los tratamientos T_{01} , T_1 , T_{02} y T_2 , mostraron diferencias de crecimiento obteniendo una longitud de 77.74 mm, 82.37mm, 77.63 mm y 90.02 mm respectivamente, la mejor tasa de longitud final se encontró en el T_1 y T_2 , este comportamiento podría atribuírsele al método de masculinización en la cual se empleo la hormona 17α -Metiltestosterona, la cual estimula el crecimiento, estos resultados concuerdan con los obtenidos en la tasa de crecimiento en longitud

(mm/día), en la cual se obtuvo un crecimiento de 1.348 mm/día y 1.1587 mm/día, en los T₂ y T₁ respectivamente, estos dados concuerdan con la tasa de crecimiento al final de la investigación los mejores valores de peso se encontró en los tratamientos T₁ y T₂, a pesar de estas diferencias estadísticamente no se determinó diferencia significativas en los tratamientos evaluados.

Las variaciones productivas en tasa de crecimiento en peso y longitud de los alevines sometidos a las técnicas en estudio, no se vieron afectadas entre los tratamientos T₁ y T₂, los resultados no presentan diferencias significativas ($p > 0.05$) entre ambos tratamientos, lo que indica que la técnica de inmersión de corta duración no afecta el desarrollo de alevines, por lo tanto se recomienda el uso de esta técnica.

El factor de condición al final del periodo de estudio, en los tratamientos evaluados; inmersión de corta duración y administración oral, fueron de 2.24 y 2.05 en los tratamientos T₁ T₂, en los tratamientos testigos se calculo el factor de condición, encontrando valores similares en los métodos evaluados, el T₀₁ obtuvo una condición de 2.02 y de 2.05 en el T₀₂, según el análisis estadístico al final de la evaluación, no se observo ninguna diferencia significativa entre grupos tratados y los controles. ($P \geq 0.05$). Estas observaciones indican que la 17 α -Metiltestosterona indujo más crecimiento en peso que longitud.

Los valores de conversión alimenticia no presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0,05$), resultando significativamente igual los tratamientos T₀₁, T₁, T₀₂ y T₂, en los cuales se obtuvo una conversión alimenticia de 1.17, 1.08, 1.24 y 0.93 respectivamente, los valores de conversión alimenticia obtenidos en el ensayo, pueden modificarse a medida los alevines se desarrollen a la etapa de precría donde la tilapia no masculinizada entre los testigos presenta reproducción temprana, entonces el consumo de alimento disminuirá y por ende, el factor de conversión alimenticia.

El proceso de reversión produce estrés en los alevines, ocasionando tasas de mortalidad, dado que se ven obligadas a consumir exclusivamente alimento hormonizado en la técnica de administración oral, en la técnica de inmersión de corta duración, se observa el mismo fenómeno desde diferente punto de vista ya que la

inducción del sexo es relativamente corta, con la excepción en la cantidad de hormona utilizada es dos veces mayor comparándolo con la técnica de administración oral, en este periodo de inducción muestra una tasa de mortalidad de 25.07% posiblemente ocasionada por los reactivos químicos usados en la masculinización. Además la supervivencia depende de varios factores como: método de masculinización, dosis de hormona, densidad de siembra, pH, amonio y salinidad estos factores pueden influir en la mortalidad, a pesar de este comportamiento la mortalidad promedio entre tratamiento osciló entre 20% a 30.5%, dentro de los parámetros establecidos se aceptan estas proporciones, por lo tanto se sugiere que los métodos masculinización evaluados no afectan la supervivencia.

Desde el punto de vista económico, los tratamientos evaluados se determinó un costo total de \$680.88, esta cantidad refleja los insumos y reactivos químicos utilizados en los métodos de masculinización, en cada uno de los tratamientos se determinó un costo total de \$157.08, \$177.25, \$157.06 y \$189.49 en los tratamientos evaluados T_{01} , T_1 , T_{02} y T_2 , respectivamente, los menores costos se determinaron en los tratamientos controles T_{01} y T_{02} , en los cuales no se les aplicó ninguna técnica de masculinización, los costos reflejados se deben al manejo técnico. Al estimar los tratamientos se determinó mayor costo en el tratamiento T_2 , a pesar que la cantidad de hormona utilizada es menor los costos se ven incrementados por el uso de equipo comparado con el tratamiento T_1 , este método resultaría económicamente viable en la masculinización de alevines.

6. RECOMENDACIONES.

- 1) El proceso de filtración de agua salobre y agua dulce debe de ser riguroso para evitar la entrada de algas y sedimentos que puedan ocasionar problemas en la investigación.
- 2) La concentración normal de oxígeno debe mantenerse constante entre 4 a 6 mg/L, para una correcta producción ya que el metabolismo y el crecimiento disminuyen cuando los niveles son bajos o se mantienen por períodos prolongados. Se recomienda mantener una alta producción de plantas acuáticas superficiales en los mismos estanques, ya que ellas impiden la entrada de oxígeno de la atmósfera, por efecto de los vientos.
- 3) El tratamiento de agua dulce utilizado en reproductores debe ser higienizada con el objetivo de eliminar cualquier patógeno nocivo que afecte la producción de alevines, la implementación de reactivos químicos es indispensable los cuales deben de utilizarse de la mejor manera posible y en proporciones adecuadas.
- 4) La limpieza y recambio de agua de los tanques debe realizarse con cautela y evitar que los alevines se pierdan en el drenaje, por tal motivo se recomienda utilizar redes de mano (lumpe), en las mangueras utilizadas como sifón o sacar los alevines antes de realizar el recambio de agua.
- 5) La hormona debe protegerse de los rayos solares dado que es degradada por este, esto se logra cubriéndola con papel aluminio o almacenarla en un lugar que no penetren los rayos solares.
- 6) Establecer protocolos fitosanitarios en acuicultura, la inocuidad de las instalaciones es fundamental, de esta manera se evitara la proliferación de patógenos ya que estas pueden ocasionar mortalidad en alevines y por ende pérdidas económicas.
- 7) Almacenar los reactivos químicos en recipientes seguros y alejados de las actividades dentro del laboratorio de acuicultura, estos podrían ocasionar mortalidad de alevines especialmente cuando se utiliza gasolina dentro de las instalaciones, no se recomienda guardarlo en el mismo sitio donde se almacena el

concentra ya que podría a ver derrame de gasolina y podría mezclarse con el concentrado.

- 8) El mantenimiento de las instalaciones es fundamental para asegurar mayor vida útil de los equipos, el costo de estos por lo general es elevado, además podría ocasionar mortalidad de alevines cualquier desperfecto de los equipos.
- 9) Se recomienda que los materiales de construcción de la infraestructura, sean contruidos con material anti-oxidantes, el salitre en la atmosfera es alto mas cuando se trabaja con agua de mar dentro de las instalaciones.
- 10) El sistema de tuberías instalado en la infraestructura de la galera utilizada para la distribución de aireación hacia los tanques, es recomendable utilizar otro tipo de material de la tubería, que no sufran mayor cambio físico debido a la dilatación ocasionado por la temperatura de los compresores (Blower).
- 11) El almacenamiento y traslado de la hormona 17α -Metiltestostenara debe realizarse en una hielera manteniendo la cadena de aireación a un temperatura de 0°C , de esta manera se asegura la conservación y la efectividad de la misma.
- 12) Es importante que los tanques utilizados en la masculinización, el fondo sean translucidos, de esta manera facilitara mayor visibilidad de los alevines al momento de realizar recambio de agua.
- 13) Se recomienda mantener los tanques reproductores a baja salinidad entre 8 a 10‰, de esta manera se asegura la reproducción en buna cantidad, otro factor que se debe tomar en cuenta es la oxigenación, esta debe mantenerse homogénea, con el fin de mejorar las condiciones a los reproductores y no produzcan huevos inviabiles.
- 14) Los protocolos establecidos en la masculinización de alevines en los métodos propuestos deben seguirse al pie de la letra, para asegurar mayor eficiencia de reversión.

- 15) Al momento de realizar la aplicación de la hormona en la técnica de Inmersión de corta duración se recomienda mantener una aireación fuerte (5 a 6 mg/L), los reactivos químicos utilizados para diluir la hormona producen stress y al mismo tiempo la inducción de la hormona en los alevines puede ocasionar mortalidad.
- 16) La preparación del concentrado hormonizado al momento de extraer el alcohol etílico utilizada para diluir la hormona e incorporar al concentrado no debe dejarse mucho tiempo en la campana de extracción ya que puede volatilizar la hormona disuelta en el alcohol, perdiendo la efectividad de la misma.
- 17) Se recomienda mantener gasolina disponible, para el uso del generador de energía debido a posibles cortes de energía, de esta manera el suministro de aire generado por los compresores mantendrá aireado los tanques en tratamientos y reproductores, evitando mortalidad por falta de aireación.
- 18) Al realizar los muestreos en los tanques de tratamientos se recomienda mantenerlos con aireación y hacerlo lo más rápido posible con el fin de evitar el stress y por ende ocasionarles la muerte.
- 19) Los muestreos biométricos deben realizarse cada semana, con el fin de mantener adecuadas las raciones, para tener mejor control del alimento suministrado, de esta manera se evitara desperdicio de concentrado.
- 20) Los registros de temperatura, salinidad, oxigenación y muestreos son fundamentales en el desarrollo productivo en una explotación piscícola, éstas representan las variables a controlar dentro de la producción de alto rendimiento, si no se toman estas medidas podría ocasionar perdidas económicas.
- 21) Los desechos drenados con hormona deben depositarse en un lugar donde no altere fenotípicamente especies autóctonas de la región, esto podría traer impactos ecológicos a largo plazo.

VII. BIBLIOGRAFIA.

- Barrón Gómez. 2005. Cultivo de tilapia Manual para la Construcción de jaulas y corrales. SEDAP, Jalapa, Ver. 47pp. Consultado 16 de Octubre 2006. Disponible http://www.sra.gob.mx/internet/informacion_general/programas/fondo_tierras/manuales/Cultivo_tilapia_jaulas_flotantes.pdf.
- Bombardelli, RA; Hayashi, C. 2005. Feminização de Larvas de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) a partir de Banhos de Imersão com valerato de Estradiol, R. Bras. Zootec., V.34, n.2, p.357-364.
- Bautista, EO.; *et al*, . 2005. Pulpa ecológica de café ensilada en la alimentación de alevines del híbrido cahhamay (*Colossoma macropomum x Piaractus brachypomus*). Universidad Nacional Experimental del Táchira. Revista Científica ISSN 0798-2259. Consultado 14 de octubre de 2006. Disponible http://www.serbi.luz.edu.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798.
- Bocek, A, 2003. Produccion en tanques. Editor International Center for Aquaculture Swingle Hall. Auburn University, Alabama 36849-5419 USA Ilustraciones: Suzanne Gray. Consultado el 11 de Octubre de 2006.
- Campo Castillo, LF. 2001. Tilapia roja una evolución de 20 años, de la incertidumbre al éxito doce años después. Consultado 12 de octubre de 2006. Disponible http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/Colombia/TILAPIA_ROJA.doc.
- Civa. 2003. Producción de tilapia del nilo (*Oreochromis niloticus*) masculinizada con la hormona Fluoximesterona en sistemas cerrados de recirculación.** Planta Experimental de Producción Acuícola, II Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura. Consultado 29 de septiembre de 2006. Disponible www.civa2003.org
- Fisheries. M.; *et al*, . 1990. Efecto de la administración oral de diversos niveles de 17α -thyltestosterone en la revocación del sexo, el crecimiento y el alimento del sexo eficacia de la conversión de *Oreochromis spilurus* en agua salobre. Instituto de Kuwait para la investigación científica. Consultado 11 de octubre de 2006.
- Fitzpatrick MS, Contreras Sanches WM, Milston RH, Lucero M, Feist GW. Steroid immersion for masculinization of tilapia: immersion of tilapia fry in NDT. CRSP Sixteenth Annual Technical Report 1999; 73-74.

- Faulkner LC, Pineda MH. En McDonald L. Reproducción y endocrinología. 2ed. Mexico: Interamericana; 1981. p180-182.
- Gale William, L.; *et al*, . 1996. Masculinization of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*/ by immersion in androgens: Revista el sevier Aquaculture. OR 97331, USA. Consultado el 07 de octubre de 2006. Pág. 57.
- Galindo, LJ. 2000. Evaluación de niveles y fuentes de proteínas en la dieta de juveniles de camarón blanco (*Litopenaeus schmitti*. *Burkeuroad*, 1939). Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima-Perú. Rev Científ Wiñay Yachay. 4(2):17-47.
- Goudie, C.A., Shelton, W.L., Parker, N.C, 1986. Tissue distribution and elimination of radiolabelled methyltestosterone fed to adult blue tilapia. *Aquaculture* 58(3-4), 227-240.
- Higo DA., Fagerlund U.H.M., Eales J.G. & McBride J.R. (1982) Application of thyroid and steroid hormones as anabolic agents in fish culture. *Comparative Biochemistry and Physiology* 73B, 143-176.
- INP (Instituto Nacional de Pesca). 2004. Perfil Producto Tilapia. Consultado 12 de Octubre de 2006. Disponible http://www.ecuadorexporta.org/productos_down/perfil_producto_tilapia568.pdf#search=%22utilizacion%20de%20hormonas%20para%20la%20reversion%20de%20tilapia%20roja%22pdf%22%22.
- Johnstone, R., Macintosh, D.J., Wright, R.S, 1983. Elimination of orally administered 17 α -methyltestosterone by *Oreochromis mossambicus* (tilapia) and *Salmo gairdneri* (rainbow trout) juveniles. *Aquaculture* 35, 249-257.
- López Carvajal, DL. 2005. Masculinización de tilapia roja (*Oreochromis* spp) por inmersión utilizando 17 α -metilttestosterona. (En línea). Revista colombiana Ciencias pecuarias. Vol. 18:4. Consultado 14 de octubre de 2006. Disponible en <http://kogi.udea.edu.co/revista/18/18-4-5.pdf>
- Lim, C. 1997. Nutrition and feeding of tilapias. *IV Symposium on Aquaculture in Central America: Focusing on Shrimp and Tilapia*, Asociación Nacional de Acuicultores de Honduras, pág. 94-107
- Lewis, RJ; Sweet, DV. 1993. Registry of toxic effects of chemical substances. Dept. Health and human services, public services, Centers for Disease Control, National Institutes Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH, USA, 246 pp.

- Manosroi, J.; et al, . 2003. Effect of Fluoxymesterone Fish Feed Granule on Sex Reversal of the hybrid, thai red tilapia (*Oreochromis niloticus* Linn. X *Oreochromis mossambicus* Linn. Institute for Science and Technology Research and Development (IST). Consultado 29 de September de 2006.
- Massuti E.; Morales-Nin B.1997. Reproductive biology of dolphin-fish (*coryphaena hippurus* L.) off the island of Majorca (western Mediterranean).
- Mariño, M. 2006. Generalidades de la tilapia, Internacional Revista Nº 10, **Consultado 12 de Octubre de 2006. Disponible** <http://www.ipacuicultura.com/noticia.php?indnot=526>.
- Mires, D. 1995. The tilapias. In: Nash, C.E., Novotony, A.J._Eds., Production of Aquatic Animals, Chap. 7. Elsevier, New York, NY, USA, pp. 133–152.
- McGinty AS. And Rakocy JE, 1995. In the U.S., the most appropriate species of tilapia for culture are the mouthbrooders: *Tilapia nilotica*, *T.aurea*, *T. mossambica*, *T. hornorum*, and the substrate spawners: *T. rendalli* and *T. zillii*. Consultado el 10 de Octubre de 2006.
- MAG. (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2001. Guia para el cultivo de Tilapia en estanques. Consultado 11 de Octubre de 2006. Disponible. <http://www.agronegocios.gob.sv/comoproducir/guias/GUIA%20TECNICA%20TILAPIA.pdf>.
- New, MB. 1987. Aquaculture Development and Coordination Programe feed and feedig of fish and Shrimp. A manual on the preparati3n and presentati3n of compound feeds for shrimp and fish in aquaculture. Pag. 12
- NICOVITA, 2002. Manual de Crianza de Tilapia. Consultado 14 de Octubre de 2006. Consultado 16 de Octubre de 2006. Disponible http://www.nicovita.com.pe/pdf/esp/manuales/man_tilapia_01.pdf#search=%22tecnicas%20de%20alevinaje%20tilapia%20%22pdf%22%22.
- Obreg3n, A.; Duv3n, A. 2005. Reversi3n sexual de las tilapias roja (*Oreochromis* sp). Una gu3a b3sica para el acuicultor. (En l3nea). Revista electr3nica de veterinaria REDVET ISSN 1695:7504. Vol., n312, Consultado 29 de septiembre de 2006. Disponible en <http://www.veterinaria.org/redvet/n121205.html>

Okimoto, D.K. *et al.* 1992. El efecto de 17 α oral administrado- methyltestosterone y 3, 5, 3, 5 - triiodo-L-thyronine 3 encendido crecimiento del tilapia agua de mar-adaptado, *Oreochromis mossambicus*. Acuicultura y gerencia de las industrias pesqueras instituto de la biología marina, Universidad de Hawaii de Hawaii. Consultado 07 de octubre de 2006.

Pechsiri, J; Yakupitiyage, A. 2005. A comparative study of growth and feed utilization efficiency of sex-reversed diploid and triploid Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. Aquaculture and Aquatic Resources Management, Asian Institute of Technology. Consultado 06 de octubre de 2006.

Pinto, Verani, CS da. 2000. Masculinizacao da tilapia do Nilo *Oreochromis niloticus*, utilizando diferentes rações e diferentes doses de 17 α -alfametil testosterona. Revista Brasileira de Zootecnia 29(3): pág. 654-659.

Popma and Green, 1990. Reversión sexual de tilapia en lagunas de tierra. ASA. Pág. 34.

Popma,T; Lovshin, L. 1994. Auburn University, Auburn, EUA. Panorama da Aquicultura. Consultado 14 de Octubre de 2006.1-40 pag.

Popma T. y Masser M, 1999. Tilapia, Life History and Biology. Southern Regional Aquaculture Center. Consultado el 9 de Octubre de 2006.

Pruginin, Y. 1998. Cultivo de peces comerciales, Fish and Aquaculture Rescarch. Dor, Israel. Mexico. Limusa Noriega Editores.

Pharma-Fish. 2004. Importantes Enfermedades Detectadas en Tilapias Cultivadas en América Central y del Sur Jornadas de Acuicultura. Costa Rica. Consultado 04 de octubre de 2006. Disponible en http://www.ciabcr.com/jornadaacuicola/8_Enfermedades_en_Tilapias_Cultivadas_en_las_Americas.pdf#search='reversion%20sexual%20de%20tilapiapdf'.

PRODUCE, (Viceministerio de Pesqueria Direccion Nacional de Acuicultura).2004, cultivo de tilapia. Consultado 04 de octubre de 2006. Disponible http://www.produce.gob.pe/mipe/dna/doc/ctilapia_1.pdf#search=%22utilizacion%20de%20hormonas%20para%20la%20reversion%20de%20tilapia%20roja%22pdf%22%22.

Rakocy, JE. 1989. Tank Culture of Tilapia. Southern Regional Aquaculture Center. Consultado 13 de Octubre.

- Pandian, T.J., Kirankumar, S., 2003. Recent advances in hormonal induction of sex-reversal in fish. *Journal of Applied Aquaculture* 13(3/4), 205-230.
- Swingle, H.S. 1968. Standardization of biological methods in fish culture research. Auburn University Agricultural Experiment Station, Auburn, Alabama. U.S.A. 18 pg.
- Tovar Alamilla, HA. s.f. Generalidades del Cultivo de la Tilapia. Consultado 10 de Octubre de 2006. Disponible <http://www.zoetecnocampo.com/>
- Tave, D., 2003. Genetics and stock improvement. In: J.S. Lucas and P.C. Southgate (Editors) *Aquaculture. Farming aquatic animals and plants*. Blackwell Publishing, Oxford, pp. 123-145.
- Ulloa, R. J. B.; Van Weerd, J. H.; Huissman, E. A.; Verreth, J. A. J. Tropical agricultural wastes and by-products, their potential uses in fish culture: The Costa Rican situation. In: Use of coffee pulp as feed ingredient for tilapia (*Oreochromis* sp) culture. Ulloa, J. B. (Ed). Wageningen University. Wageningen. The Netherlands. 9-24. pp. 2002.
- Vendaval, G de. ; *et al*, 1999. Masculinización de la tilapia *Oreochromis Nilo niloticus*, por la inmersión en andrógenos. Unidad de investigación de la industria pesquera de Oregon Cooperatife. Consultado el 29 de octubre de 2006.
- Vinatea, J.E. 1982. *Acuicultura Continental*. Editorial Studium, Lima, Perú. 229 pg.

ANEXOS

Tabla A1: Muestréos biométricos realizados en el periodo de 70 días, para cada uno de los tratamientos evaluados (T₀₁, T₁, T₀₂ y T₂), en el cual se realizó 8 muestréos de cada grupo.

T₁= Inmersión de corta duración, en formato 2v x 4h x 1,800µg/L.

Tanque	Muestra	Peso promedio	N° total de peces	Biomasa	% del peso	Ración diaria (g)	Frecuencia de alimentación	CAF (g)	Periodo de alimento (día)	CAS (g)	Sub-total CAS	Total CAS (g)
T ₁	Tq1 Repetición 1	1	0.08	300	24	0.30	7.2	6	1.2	8	57.6	1,521
		2	0.24	300	72	0.25	18.0	6	3	8	144.0	
		3	0.22	300	66	0.20	13.2	6	2.2	8	105.6	
		4	0.40	300	120	0.15	18.0	6	3	8	144.0	
		5	1.10	300	330	0.10	33.0	5	6.6	8	264.0	
		6										
		7										
	Tq2 Repetición 2	1	0.08	300	24	0.30	7.2	6	1.2	8	57.0	
		2	0.24	300	72	0.25	18	6	3	8	144.0	
		3	0.13	300	39	0.20	7.8	6	1.3	8	62.4	
		4	0.50	300	150	0.15	22.25	6	3.75	8	180.0	
		5	1.24	300	372	0.10	37.2	5	7.44	8	297.0	
		6										
		7										
	Tq3 Repetición 3	1	0.08	300	24	0.30	7.2	6	1.2	8	57.6	
		2	0.24	300	72	0.25	18	6	3	8	144	
		3	0.13	300	39	0.20	7.8	6	1.3	8	62.4	
		4	0.38	300	114	0.15	17.1	6	2.85	8	136.8	
		5	1.12	300	336	0.10	33.6	5	6.72	8	268.8	
		6										
		7										
	Java Repetición 4	1	0.08	600	48	0.30	14.4	6	2.4	8	115.2	
		2	0.24	600	144	0.25	36.0	6	6	8	288.0	
		3	0.10	600	60	0.20	12.0	6	2	8	96.0	
		4	0.24	600	144	0.15	21.6	6	3.6	8	172.8	
		5	0.66	600	396	0.10	36.6	5	7.92	8	316.8	
		6										
		7										

* CAF; Cantidad de alimento por frecuencia. * CAS; Cantidad de alimento suministrado.

T₂= Administración oral, en formato 28d x 6v x 60mg/kg.

Tanque	Muestra	Peso promedio	N° total de peces	Biomasa	% del peso	Ración diaria (g)	Frecuencia de alimentación	CAF(g)	Periodo de alimento (día)	CAS (g)	Sub-total CAS	Total CAS (g)
T ₂	Tq4 Repetición n 1	1	0.08	300	24	0.30	7.2	6	1.2	8	57.6	1,795.2
		2	0.24	300	72	0.25	18	6	3.0	8	144.0	
		3	0.17	300	51	0.20	10.2	6	1.7	8	81.6	
		4	0.38	300	114	0.15	17.1	6	2.85	8	136.8	
		5	1.28	300	384	0.10	38.4	5	7.68	8	307.2	
		6										
		7										
	Tq5 Repetición n 2	1	0.08	300	24	0.30	7.2	6	1.2	8	57.6	
		2	0.24	300	72	0.25	18.0	6	3	8	144.0	
		3	0.20	300	60	0.20	12	6	2	8	96	
		4	0.54	300	162	0.15	24.3	6	4.05	8	194.4	
		5	2.04	300	612	0.10	61.2	5	12.24	8	489.6	
		6										
		7										
	Tq6 Repetición n 3	1	0.08	300	24	0.30	7.2	6	1.2	8	57.6	
		2	0.24	300	72	0.25	18	6	3	8	144.0	
		3	0.21	300	63	0.20	12.6	6	2.1	8	100.8	
		4	0.32	300	96	0.15	14.4	6	2.4	8	115.2	
		5	1.14	300	342	0.10	34.2	5	6.84	8	273.6	
		6										
		7										

* CAF; Cantidad de alimento por frecuencia. * CAS; Cantidad de alimento suministrado.

T₀₁= Tratamiento control de inmersión de corta duración sin la adición de andrógeno.

	Tanque	Muestra	Peso promedio	N° total de peces	biomasa	% del peso	Ración diaria(g)	Frecuencia de alimentación	CAF(g)	Periodo de alimento (día)	CAS (g)	Total CAS	
T ₀₁	Java	1	0.08	200	16.00	0.30	4.80	6	0.80	8	38.40	1026.36	
		2	0.24	200	48.00	0.25	12.00	6	2.00	8	96.00		
		3	0.16	200	32.00	0.20	6.40	6	1.10	8	51.20		
		4	0.28	200	56.00	0.15	8.40	6	1.40	8	67.20		
		5	0.60	200	120.00	0.10	12.00	5	2.40	8	96.00		
		6	1.67	200	334.00	0.07	23.38	5	4.70	8	187.04		
		7	2.80	200	560.00	0.05	28.00	5	5.60	8	224.00		
		8	3.87	175	677.05	0.03	20.31	5	4.06	8	162.48		
		9	7.57	175	1,324.75	0.03	39.74	5	7.95	6	238.44		
		10											
		11											
		12											

* CAF; Cantidad de alimento por frecuencia. * CAS; Cantidad de alimento suministrado.

T₁= Inmersión de corta duración, en formato 2v x 4h x 1,800µg/L.

	Tanque	Muestra	Peso promedio	N° total de peces	biomasa	% del peso	Ración diaria(g)	Frecuencia de alimentación	CAF(g)	Periodo de alimento (día)	CAS (g)	Total CAS	
T ₁	Java	6	1.78	900	1,602	0.07	112.14	5	22.40	8	897.12	4,084.62	
		7	3.43	900	3,087	0.05	154.35	5	30.87	8	1,234.80		
		8	5.15	700	3,605	0.03	108.15	5	21.63	8	865.20		
		9	8.63	700	6,041	0.03	181.25	5	36.25	6	1,087.50		
		10											
		11											
		12											
		13											
		14											
		15											
		16											
		17											

* CAF; Cantidad de alimento por frecuencia. * CAS; Cantidad de alimento suministrado.

T₀₂= Tratamiento control de administración oral sin la presencia de andrógeno.

	Tanque	Muestra	Peso promedio	N° total de peces	biomasa	% del peso	Ración diaria(g)	Frecuencia de alimentación	CAF(g)	Periodo de alimento (día)	CAS (g)	Total CAS (g)	
T ₀₂	Java	1	0.08	200	16.00	0.30	4.80	6	0.80	8	38.40	1,059.44	
		2	0.24	200	48.00	0.25	12.00	6	2.00	8	96.00		
		3	0.20	200	40.00	0.20	8.00	6	1.33	8	64.00		
		4	0.40	200	80.00	0.15	12.00	6	2.00	8	96.00		
		5	0.88	200	176.00	0.10	17.60	5	3.52	8	140.80		
		6	1.37	200	274.00	0.07	19.18	5	3.80	8	153.44		
		7	3.00	200	600.00	0.05	30.00	5	6.00	8	240.00		
		8	3.97	175	694.75	0.03	20.84	5	4.17	8	166.72		
		9	6.30	175	1,102.50	0.03	33.08	5	6.62	6	198.48		
		10											
		11											
		12											

* CAF; Cantidad de alimento por frecuencia. * CAS; Cantidad de alimento suministrado.

T₂= Administración oral, en formato 28d x 6v x 60mg/kg.

	Tanque	Muestra	Peso promedio	N° total de peces	biomasa	% del peso	Ración diaria(g)	Frecuencia de alimentación	CAF(g)	Periodo de alimento (día)	CAS (g)	Total CAS (g)	
T ₂	java	6	2.53	900	2,277	0.07	159.39	5	31.90	8	1,275.12	5,154.6	
		7	3.48	900	3,132	0.05	156.60	5	31.32	8	1,252.80		
		8	7.10	700	4,970	0.03	149.10	5	29.82	8	1,192.80		
		9	11.38	700	7,066	0.03	238.98	5	47.80	6	1,433.88		
		10											
		11											
		12											
		13											
		14											
		15											
		16											
		17											

* CAF; Cantidad de alimento por frecuencia. * CAS; Cantidad de alimento suministrado.

Tabla A2: Tasa de crecimiento en peso (g), para tratamientos en estudio en un periodo de 70 días.

Muestra 1

Tratamiento	tanque	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Tiempo (día)	Peso total (g/día)	Media	%PV/día	Media
T ₀₁	Java	0.16	0.18	8	0.0025	0.0025	0.25	0.25
T ₁	t1	0.22	0.40	8	0.0225	0.0294	2.25	2.94
	t2	0.13	0.50	8	0.0463		4.63	
	t3	0.13	0.38	8	0.0313		3.13	
	Java	0.10	0.24	8	0.0175		1.75	
T ₀₂	Java	0.20	0.40	8	0.0250	0.0250	2.50	2.50
T ₂	t4	0.17	0.38	8	0.0263	0.0275	2.63	2.75
	t5	0.20	0.54	8	0.0425		4.25	
	t6	0.21	0.32	8	0.0138		1.38	

Muestra 2

Tratamiento	tanque	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Tiempo (día)	Peso total (g/día)	Media	%PV/día	Media
T ₀₁	Java	0.18	0.60	8	0.0525	0.0525	5.25	5.25
T ₁	t1	0.40	1.10	8	0.0875	0.0813	8.75	8.13
	t2	0.50	1.24	8	0.0925		9.25	
	t3	0.38	1.12	8	0.0925		9.25	
	Java	0.24	0.66	8	0.0525		5.25	
T ₀₂	Java	0.40	0.88	8	0.0600	0.0600	6.00	6.00
T ₂	t4	0.38	1.28	8	0.1125	0.1342	11.25	13.42
	t5	0.54	2.04	8	0.1875		18.75	
	t6	0.32	1.14	8	0.1025		10.25	

Muestra 3

Tratamiento	Tanque	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Tiempo (día)	Peso total (g/día)	%PV/día
T ₀₁	Java	0.60	1.67	8	0.1338	13.38
T ₁	T3	1.15	1.78	8	0.0788	7.88
T ₀₂	Java	0.88	1.37	8	0.0613	6.13
T ₂	T6	1.49	2.53	8	0.1300	13.00

Muestra 4

Tratamiento	Tanque	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Tiempo (día)	Peso total (g/día)	%PV/día
T ₀₁	Java	1.67	2.80	8	0.1413	14.13
T ₁	T3	1.78	3.43	8	0.2063	20.63
T ₀₂	Java	1.37	3.00	8	0.2038	20.38
T ₂	T6	2.53	3.48	8	0.1188	11.88

Muestra 5

Tratamiento	Tanque	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Tiempo (día)	Peso total (g/día)	%PV/día
T ₀₁	Java	2.80	3.33	8	0.0663	6.630
T ₁	T3	3.43	5.15	8	0.2150	21.50
T ₀₂	Java	3.00	3.97	8	0.1213	12.13
T ₂	T6	3.48	7.10	8	0.4525	45.25

T₀₁= Tratamiento control de inmersión de corta duración sin la adición de andrógeno.

T₁= Inmersión de corta duración, en formato 2v x 4h x 1,800µg/L.

T₀₂= Tratamiento control de administración oral sin la presencia de andrógeno.

T₂= Administración oral, en formato 28d x 6v x 60mg/kg.

%PV/día = Crecimiento de peso específico

% = tasa de crecimiento en peso relativo

Muestra 6

Tratamiento	Tanque	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Tiempo (día)	Peso total (g/día)	%PV/día
T ₀₁	Java	3.33	7.57	8	0.5300	53.00
T ₁	T3	5.15	8.62	8	0.4337	43.37
T ₀₂	Java	3.97	6.30	8	0.2913	29.13
T ₂	T6	7.10	11.38	8	0.5350	53.50

Muestra 7

Tratamiento	Tanque	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Tiempo (día)	Peso total (g/día)	%PV/día
T ₀₁	Java	7.57	9.5	6	0.3217	32.17
T ₁	T3	8.62	12.54	6	0.6533	65.33
T ₀₂	Java	6.30	10.14	6	0.6400	64.00
T ₂	T6	11.38	14.96	6	0.5967	59.67

Tabla A3: Tasa de crecimiento en longitud (mm), para tratamientos en estudio (T₀₁, T₁, T₀₂ y T₂).

Muestra 1

Tratamiento	Tanque	Longitud inicial (mm)	Longitud final (mm)	Tiempo (día)	Longitud absoluta mm/día	Media
T ₀₁	Java	16.61	22.43	8	0.7275	0.7275
T ₁	t1	13.75	28.63	8	1.1100	1.0319
	t2	20.23	29.77	8	1.1925	
	t3	18.57	25.87	8	0.9125	
	Java	15.90	23.2	8	0.9125	
T ₀₂	Java	17.70	22.37	8	0.5838	0.5838
T ₂	t4	18.27	27.03	8	1.0950	1.1500
	t5	19.90	30.97	8	1.3838	
	t6	17.00	24.77	8	0.9713	

Muestra 2

Tratamiento	Tanque	Longitud inicial (mm)	Longitud final (mm)	Tiempo (día)	Longitud absoluta mm/día	Media
T ₀₁	Java	22.43	28.73	8	0.7875	0.7875
T ₁	t1	28.63	39.03	8	1.3000	1.2572
	t2	29.77	39.97	8	1.2750	
	t3	25.87	38.37	8	1.5625	
	Java	23.2	30.33	8	0.8713	
T ₀₂	Java	22.37	34.57	8	1.5250	1.5250
T ₂	t4	27.03	39.37	8	1.5425	1.9345
	t5	30.97	48.73	8	2.2200	
	t6	24.77	41.10	8	2.0413	

Muestra 3

Tratamiento	Tanque	Longitud inicial (mm)	Longitud final (mm)	Tiempo (día)	Longitud absoluta mm/día
T ₀₁	Java	28.73	38.77	8	1.2600
T ₁	T3	39.12	41.05	8	0.2413
T ₀₂	Java	34.57	37.73	8	0.3950
T ₂	T6	43.07	47.75	8	0.5850

Muestra 4

Tratamiento	Tanque	Longitud inicial (mm)	Longitud final (mm)	Tiempo (día)	Longitud absoluta mm/día
T ₀₁	Java	38.77	48.56	8	1.2238
T ₁	T3	41.05	54.08	8	1.6288
T ₀₂	Java	37.73	50.6	8	1.6088
T ₂	T6	47.75	53.62	8	0.7338

Muestra 5

Tratamiento	Tanque	Longitud inicial (mm)	Longitud final (mm)	Tiempo (día)	Longitud absoluta mm/día
T ₀₁	Java	48.56	53.50	8	0.6175
T ₁	T3	54.08	63.03	8	1.1188
T ₀₂	Java	50.6	56.97	8	0.7963
T ₂	T6	53.62	69.67	8	2.0063

Muestra 6

Tratamiento	Tanque	Longitud inicial (mm)	Longitud final (mm)	Tiempo (día)	Longitud absoluta mm/día
T ₀₁	Java	53.50	71.47	8	2.2463
T ₁	T3	63.03	72.40	8	1.1713
T ₀₂	Java	56.97	66.34	8	1.1713
T ₂	T6	69.67	78.44	8	1.0963

Muestra 7

Tratamiento	Tanque	Longitud inicial (mm)	Longitud final (mm)	Tiempo (día)	Longitud absoluta mm/día
T ₀₁	Java	71.47	77.74	6	1.0450
T ₁	T3	72.40	82.37	6	1.6617
T ₀₂	Java	66.34	77.63	6	1.8817
T ₂	T6	78.44	90.02	6	1.9300

T₀₁= Tratamiento control de inmersión de corta duración sin la adición de andrógeno.

T₁= Inmersión de corta duración, en formato 2v x 4h x 1,800µg/L.

T₀₂= Tratamiento control de administración oral sin la presencia de andrógeno.

T₂= Administración oral, en formato 28d x 6v x 60mg/kg.

Tabla A4: Factor de conversión alimenticia (FCA)

Muestra	T ₀₁	T ₁	T ₀₂	T ₂
	FCA	FCA	FCA	FCA
1	2.13	0.96	1.60	1.41
2	1.50	0.70	1.00	0.46
3	0.45	1.47	1.44	1.14
4	0.83	0.60	0.47	1.49
5	1.91	2.38	2.53	0.68
6	0.25	0.36	0.41	0.40
Total	7.07	6.47	7.45	5.58
Media	1.17	1.08	1.24	0.93

Tabla A5: Índice de supervivencia para tratamientos en estudio al día 70.

T₁= Inmersión de corta duración, en formato 2v x 4h x 1,800µg/L.

	Numero de peces muertos (día/semana)											Sub-Total	
	Día	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a		11 ^a
	Semana												
T ₁	L	-	-	-	1	25	4	14	90	6	2		142
	M	-	-	-	1	-	3	12	59	6	2		83
	M	-	-	-	2	-	-	2	7	6	6		23
	J	-	1	-	-	-	*32	5	4	11	-		53
	V	1	-	6	-	-	-	-	6	3	-		16
	S	4	1	5	-	-	4	3	8	2	-		27
	D	-	-	5	-	5	3	9	10	-	-		32
	Total											376	

* Corte de electricidad y falta de suministró de aire durante 7 horas.

T₂= Administración oral, en formato 28d x 6v x 60mg/kg.

	Numero de peces muertos (día/semana)											Sub-Total	
	Día	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a		11 ^a
	Semana												
T ₂	L	-	-	1	-	32	4	4	2	2	-		45
	M	-	-	-	-	-	4	2	8	3	1		18
	M	-	2	-	13	-	6	3	2	1	3		30
	J	-	2	7	-	-	139*	2	-	11	-		161
	V	1	-	14	10	-	9	-	3	3	-		40
	S	-	2	-	2	1	4	-	-	1	-		10
	D	-	-	-	-	11	4	9	-	-	-		24
	Total											328	

* Corte de electricidad y falta de suministró de aire durante 7 horas.

T₀₁= Tratamiento control de inmersión de corta duración sin la adición de andrógeno.

	Numero de peces muertos (día/semana)											Sub-Total	
	Día	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a		11 ^a
	Semana												
T ₁	L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-
	M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-
	M	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2		4
	J	-	-	1	-	1	*31	-	-	-	-		33
	V	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-
	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-
	D	-	-	2	-	1	-	-	-	-	-		3
	Total											40	

* Corte de electricidad y falta de suministró de aire durante 7 horas.

T₀₂= Tratamiento control de administración oral sin la presencia de andrógeno.

	Numero de peces muertos (día/semana)											Sub-Total	
	Día	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a		11 ^a
	Semana												
T ₁	L	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2		3
	M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2		2
	M	-	1	-	-	7	-	-	-	-	2		10
	J	-	-	-	-	1	*43	-	-	-	-		44
	V	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-		1
	S	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-		1
	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-
	Total											61	

* Corte de electricidad y falta de suministró de aire durante 7 horas.

T₀₁= Tratamiento control de inmersión de corta duración sin la adición de andrógeno

T₁= Inmersión de corta duración, en formato 2v x 4h x 1,800µg/L.

T₀₂= Tratamiento control de administración oral sin la presencia de andrógeno.

T₂= Administración oral, en formato 28d x 6v x 60mg/kg.



Figura A1. Localización del ensayo ubicado en Salinas del Potrero jurisdicción de Jiquilisco, zona Occidental de la Bahía de Jiquilisco.

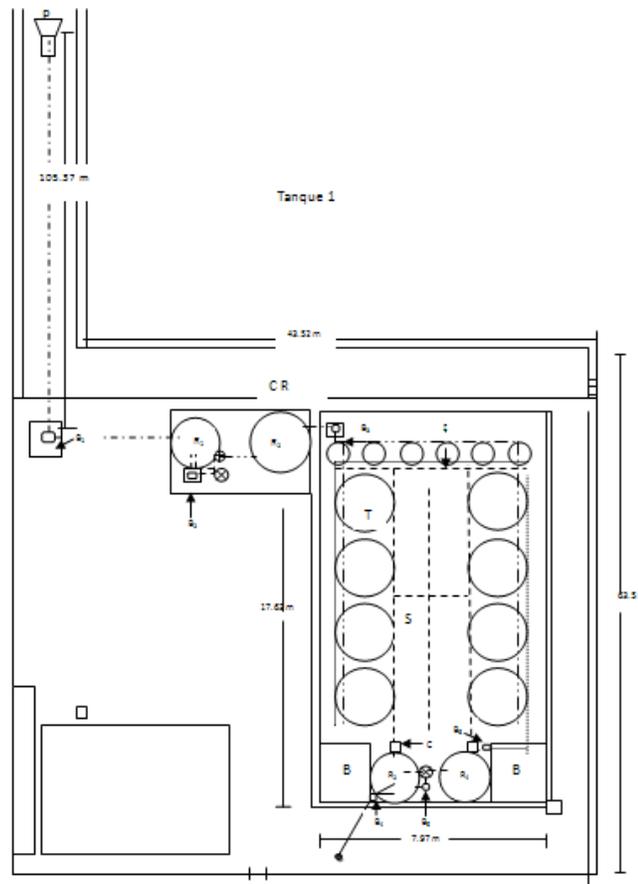


Figura A2: Esquema de abastecimiento de agua salobre y agua dulce con circuito de filtración.

Simbología del esquema de abastecimiento de agua salobre y agua dulce con circuito de filtración.

Símbolo	Detalles	Descripción
R ₁	Rotoplas	Color negro, capacidad de 2,500 L
R ₂	Rotoplas	Color negro, capacidad de 10,000 L
R ₃	Rotoplas	Color negro, capacidad de 2,500 L
R ₄	Rotoplas	Color azul, capacidad de 4,100 L
B ₁	Bomba	Capacidad 110 GPM, 2 HP
B ₂	Bomba	1 HP c/cestilla, 50 PSI Max. Presión.
B ₃	Bomba	Capacidad 120 GPM, 1 HP
B ₄	Bomba	1 HP capacidad 90 GPM, con tanque de presión de 20/40 PSI.
B ₅	Bomba	¾ HP de alto rendimiento y presión máxima de 50 PSI
B ₆	Bomba	1 HP con tanque de presión de 20/40 G
T	Tanque cilíndrico-cónico	Fibra de vidrio, color negro con capacidad de 300 L
T	Tanque cilíndrico-cónico	Fibra de vidrio, color negro con capacidad de 2,500 L
P	Punto filtrante para agua salada	Caja construida en mampostería, celosilla, malla y una puntera Brady TM PVC de 100 milímetros.
C	Canal reservorio	Canal de abastecimiento de agua salobre
B	Bodega	Área total 5.22 m
⊗	Filtro de arena de sílice	Fibra de vidrio con capacidad de 60 y 100 GPM.
⊕	Filtro de cartucho	Acoplado al filtro de arena. Capacidad 100 GPM, con dos válvulas de salida.
●	Puntera de agua dulce	Brady TM PVC de 38 milímetros.
- - -	Tubería de 38 mm, conductora de agua salobre cruda	Esta proviene del canal reservorio a una distancia de 105.37 m
-----	Tubería de 38 mm, conductora de agua salobre en proceso de filtración	Esta proviene de la bodega cerca del canal, hacia uno de los Rotoplas de 2,500 L.
- . . -	Agua salobre previamente filtrada	Esta tubería esta montada en la infraestructura del modulo a unos 2.5 m
————	Tubería de 38 mm, conductora de agua dulce cruda	Esta provienen del pozo de agua dulce hacia un tanque Rotoplas con capacidad de 2,500 L.
-----	Tubería de 38 mm, conductora de agua dulce en proceso de filtración	Dicha tubería es la que conecta el filtro de arena de sílice y el tanque de 2,500 L.
.....	Agua dulce previamente filtrada	Esta tubería esta montada en la infraestructura del modulo a unos 2.5 m.
— —	Tubería de aireación	Montada en infraestructura del modulo.
S	Sala de aclimatación	Área total 140.5 m.

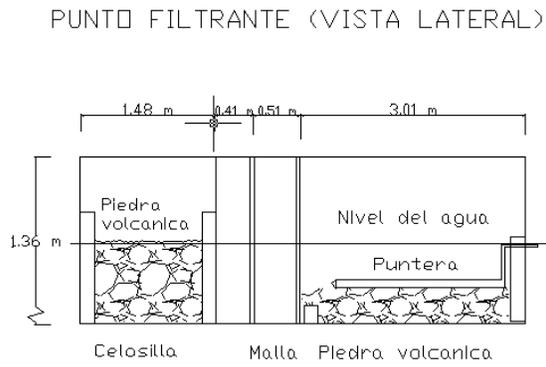


Figura A3. Punto filtrante de abastecimiento de agua salobre en proceso de filtración.

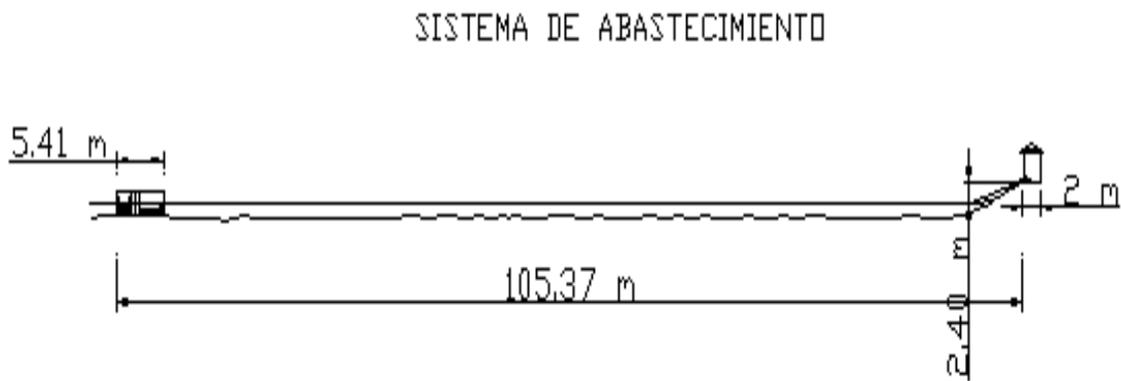


Figura A4: Sistema de abastecimiento agua salobre en proceso de filtración.



Figura A5. Filtro de arena de sílice con capacidad de 100 GPM.

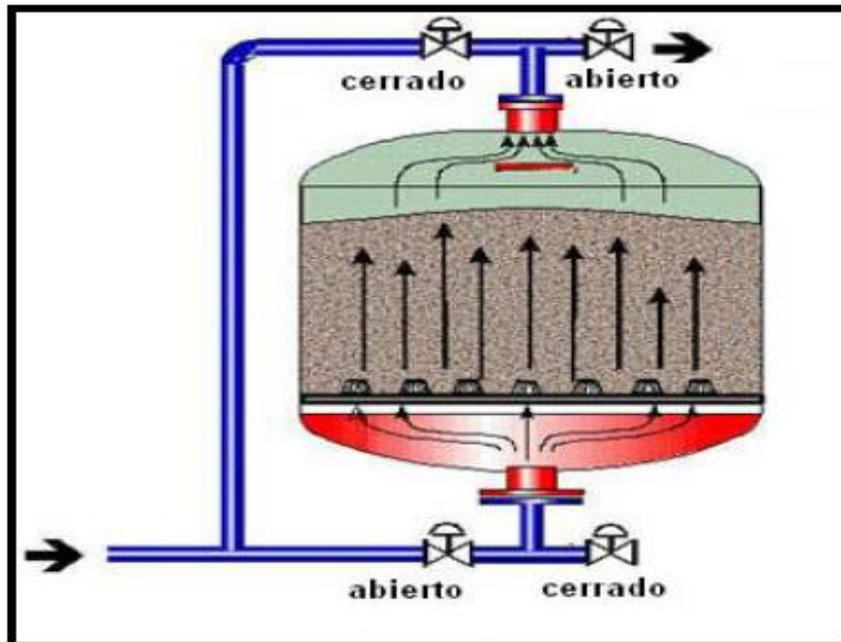


Figura A6. Vista interna de filtro de arena sílice.



Figura A7. Tuberías de PVC, instalada sobre la estructura de la galera.



Figura A8. Bombas de succión con su respectivo tanque de presión.

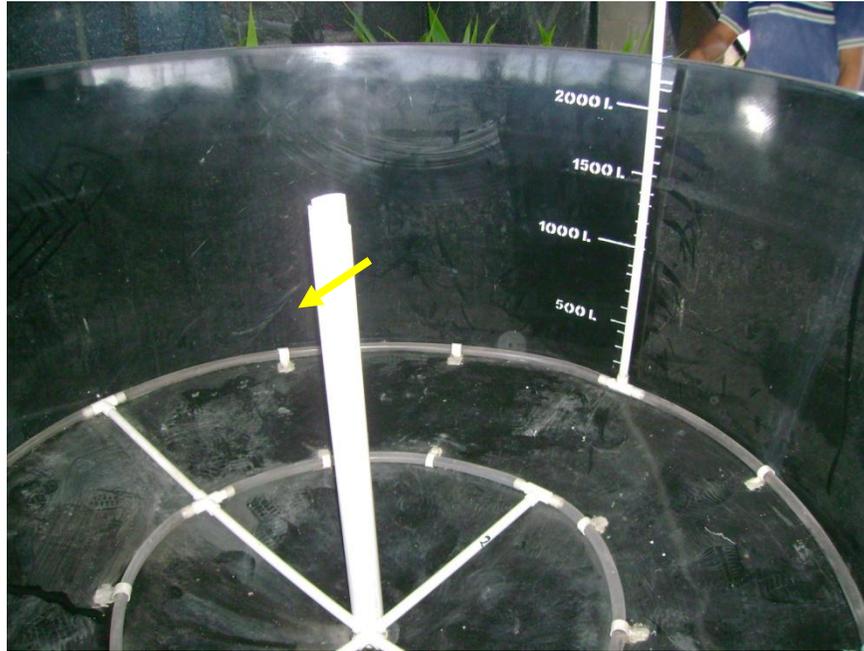


Figura A9. El nivel de agua se controla por desbordamiento mediante de la tubería central de drenaje.



Figura A10. Instalación donde se estableció la investigación (140.51 m²).



Figura A11. Sistema doble de compresores regenerativos, colocados sobre torretas.

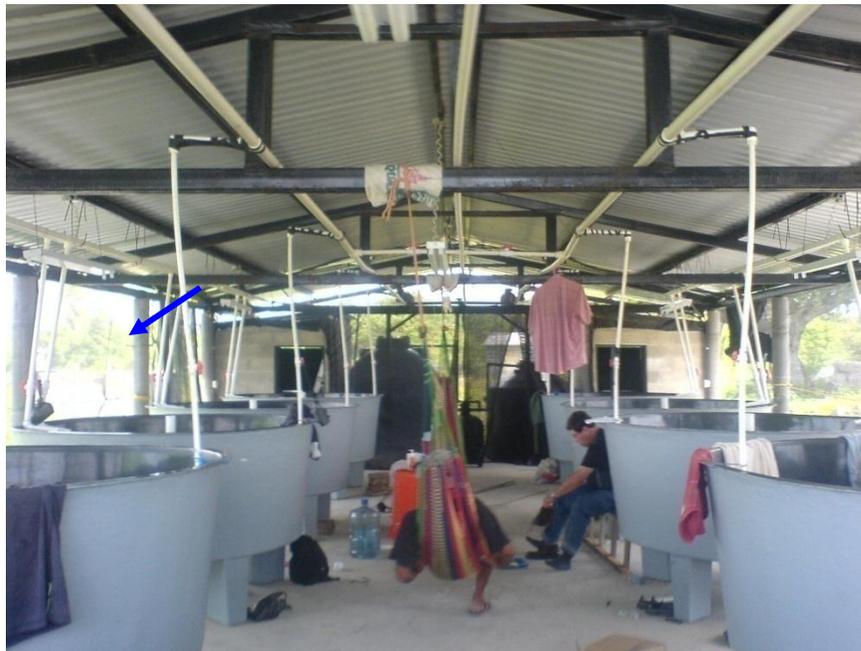


Figura A12. Sistema de aireación colocado sobre la estructura de la galera.



Figura A13. Distribución de aire mediante mangueras translucidas, en tanques de 300L.

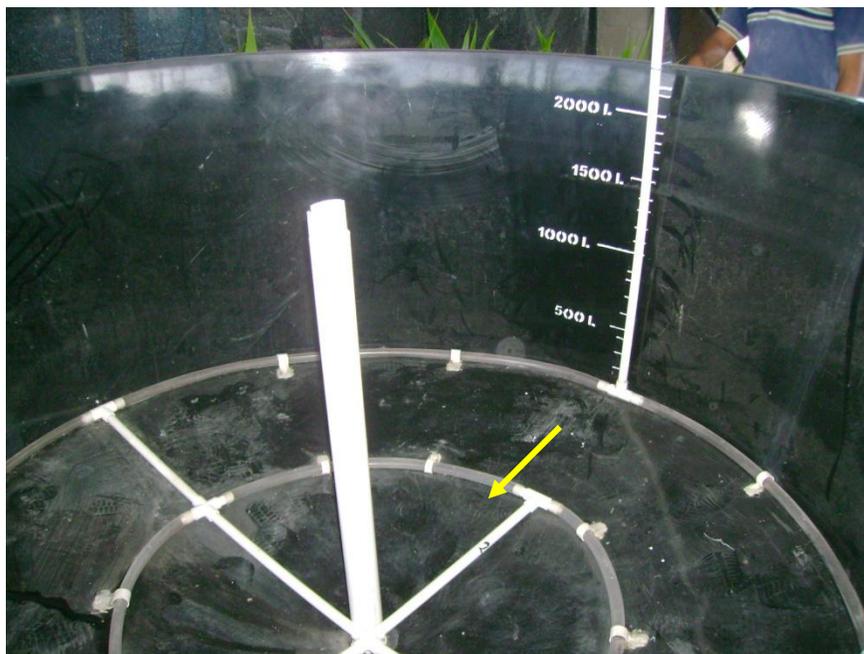


Figura A14. Hornilla de aireación en tanques de 2,500 L.



Figura A15. Estanque de reproducción con sus respectivos accesorios.



Figura A16. Sistema de aireación compuesto por un tanque cilíndrico de oxígeno, válvulas, mangueras y manómetro.



Figura A17. El conteo volumétrico se realizó extrayendo cinco muestras de 1 litro cada una con ayuda de un matraz Beaker.



Figura A18. Estanques de tratamientos, seis tanques cilindro-cónicos de fibra de vidrio, con capacidad de 300 L color negro.



Figura A19. Solución hormonal almacenada en frascos.



Figura A20. Incorporación de solución hormonal con ayuda de una pipeta.



Figura A21. La disolución alcohólica de la 17α -MT se disuelve en 200 L de agua con ayuda de aireación fuerte.



Figura A22. Al finalizar la aplicación hormonal se realizo recambio de agua.



Figura A23. Traslado de alevines hacia los tanques de precría.



Figura A24. Se muele el concentrado 32% PB. Para facilitar la homogenización de la hormona.



Figura A25. Pesar 120 mg de la 17α -MT y almacenarlas en ampolletas.



Figura A26. Disolver la hormona en los 1,600 ml de alcohol etílico absoluto en botella ámbar.



Figura A27. Incorporar la solución al concentrado.



Figura A28. Remover el concentrado con una varilla de vidrio para homogenizar la solución.



Figura A29. El concentrado se vierte sobre la campana de extracción, extendiéndola sobre la superficie hasta alcanzar una capa menor de un centímetro.



Figura A30. Trascorrido 30 minutos de evaporación se apaga la campana de extracción.



Figura A31. Determinación de la ganancia de peso, se utilizó una balanza marca **SALTER**.



Figura A32. Se midió la longitud estándar de los peces, con ayuda de una regla milimétrica.



Figura A33. Preparación de la solución YBAG/85.



Figura A34. Corte dorsal, al mismo tiempo se corto la aleta caudal de cada uno de los alevines muestreados.



Figura A35. Almacenamiento de muestras en botes con solución YABG/85.

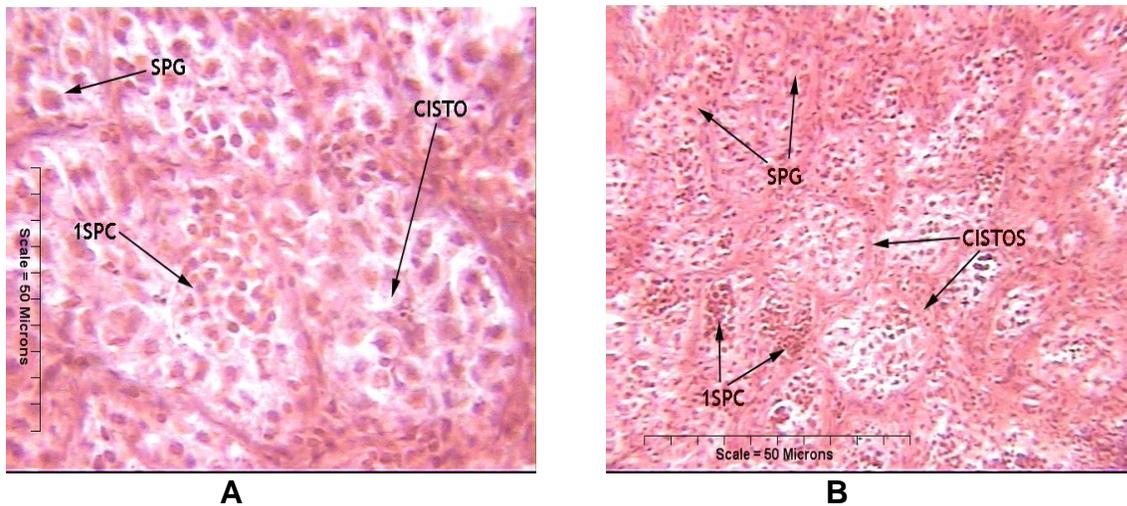
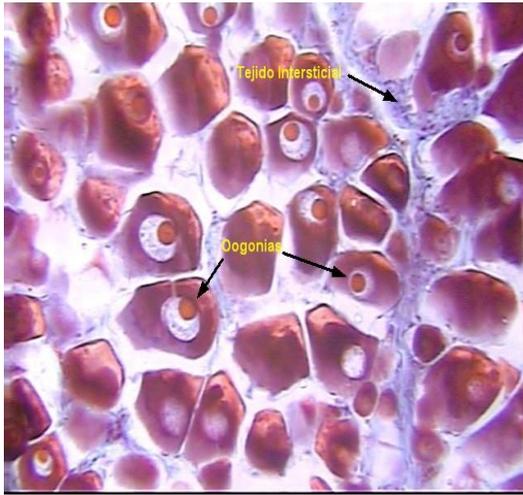
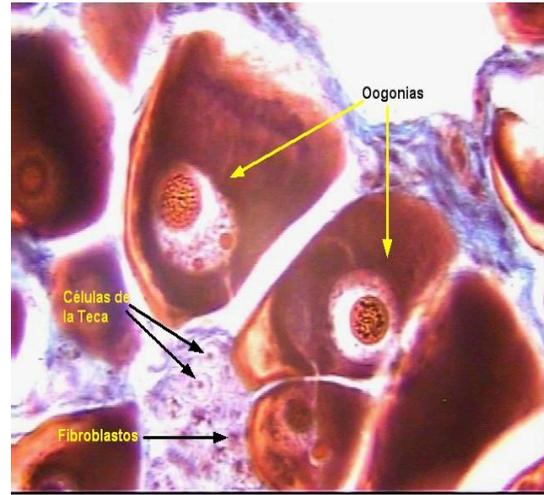


Figura A36: (A-B). Corte histológico de testículos de alevines muestreados, en la etapa temprana de maduración (Espermatogenesis plena). Espermatogonias (SPG), espermatoцитos Primarios (1SPC). Observados a 100x y 40x.



A



B

Figura A37: (A-B). Corte histológico de gónadas en hembras de alevines muestreados, en la etapa temprana de maduración. Oogonias, Células de la teca y fibroblastos. Observados a 40x y 100x.