

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDICPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRONOMICAS**



**“COMPARACION DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE TILAPIA
DEL NILO (*Oreochromis niloticus*) UTILIZANDO MACHOS REVERSADOS
VERSUS MACHOS GENETICAMENTE MEJORADOS (supermachos)
CRIADOS EN SISTEMA INTENSIVO.”**

**POR:
TITO JOEL AREVALO VILLALTA
ANA GLORIA MARIN**

**REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO
DE INGENIERO AGRONOMO**

San Miguel

Septiembre de 2011

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

ING. RUFINO ANTONIO QUEZADA

SECRETARIA GENERAL:

LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHÁVES

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

DECANO:

DRA. ANA JUDITH GUATEMALA DE CASTRO

SECRETARIO:

ING. JORGE ALBERTO RUGAMA RAMIREZ

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRONOMICAS

LIC.ING. AGR. M. Sc. ANA AURORA BENITEZ PARADA

DOCENTE DIRECTOR:

ING. AGR. M. Sc. JOSE ISMAEL GUEVARA ZELAYA

**COORDINADOR DE LOS PROCESOS DE GRADUACIÓN.
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRONÓMICAS.**

ING. AGR. M. Sc. JOSE ISMAEL GUEVARA ZELAYA

AGRADECIMIENTO.

A DIOS TODOPODEROSO POR HABERNOS PERMITIDO FINALIZAR CON ÉXITO NUESTROS ESTUDIOS, SEA TODA GLORIA Y ALABANZA A TI PADRE DE MISERICORDIA.

A nuestro docente director, metodológico y coordinador de procesos de graduación Ing. M. Sc. José Ismael Guevara por haber tenido la paciencia y el tiempo para orientarnos en el desarrollo de nuestra investigación.

Facultad Multidisciplinaria Oriental, en especial al personal docente del departamento de ciencias agronómicas por haber instruido en nuestra formación profesional así como en la creación de criterios y valores éticos.

A la asociación de productores Acuícolas de Oriente (APAO de R.L.) por su apoyo incondicional en la disposición de sus instalaciones para llevar a cabo la investigación.

Ha la empresa ACUACORPORACION de El Salvador por darnos su apoyo para llevar a cabo la investigación donándonos los alevines de tilapia reversados.

A la empresa TILAPIA INDUSTRIAL por darnos los alevines supermachos a un precio preferencial.

A la empresa ALIANSA por su apoyo con el equipo utilizado, concentrado y su personal que nos ayudo con su experiencia en el área acuícola.

DEDICATORIA

A dios todo poderoso por el inmenso amor que nos entrega por la fuerza que me ha dado en esos momentos difíciles para seguir adelante por permitirme triunfar la meta académica trazada.

A MI MADRE: Gloria del Carmen Marín Orantes que nunca me ha dejado de la mano en todo momento he contado con su apoyo y su amor incondicional por ser una madre ejemplar y criarme con buenos principios gracias madrecita.

A MI ABUELO (de grata recordación): Fidel Ángel Marín pilar fundamental en la formación de mi vida guía de sabiduría y amor, gracias.

A MIS TIOS: Fidel, Lilian y Ángel por su apoyo económico por creer en mí y darme la oportunidad de hacer la diferencia que dios los Bendiga.

A MIS HERMANOS: Juan Carlos, Ana, Vilma Y Julio por su apoyo por su amor por todos esos lindos momentos que hemos compartido y he contado con sus consejos gracias.

A ESAS PERSONAS ESPECIALES: que me han apoyado en todo momento de forma incondicional S. E. P. A esos angelitos que me cuidan en todo momento, Chris, Leslieann, Michelle y Junior (mis enanitos), gracias Melba se que cuento con ustedes.

A UNA AMIGA: que nos dio su apoyo con su conocimiento y desvelo la cual fue parte importante para lograr tener esos buenos resultados gracias Maribel G.

A TOSDOS/AS: las/os amigos/as, compañeros/as que me han apoyado en los momentos más difíciles, ayudándome a seguir por el camino correcto gracias, seguiremos en la lucha.

ANA GLORIA MARIN

RESUMEN.

En la producción de Tilapia (*Oreochromis niloticus*) las hembras que biológicamente representan el 50% de la progenie, causan inconvenientes en el manejo; como una reproducción antes de alcanzar tallas de comercialización, bajos rendimientos en cosecha y sobrepoblación. Por lo cual se hace necesario implementar cultivos monosexo (solo machos). El rendimiento de tilapias masculinizadas genéticamente (GMT), conocidas como “supermachos” no está documentado, por lo que se desconoce su rendimiento y rentabilidad. Con el fin de llenar ese vacío de información, se realizó una comparación del rendimiento de dicha línea de cultivo monosexo comparada a su vez con tilapias masculinizadas hormonalmente a través de la hormona sintética 17 – Alpha Metiltestosterona. La investigación estuvo comprendida en dos tratamientos T1 = tilapia supermacho (GMT) y T2 = tilapia reversada (tilapia masculinizada hormonalmente).

La fase experimental se llevó a cabo en las instalaciones de la Asociación Agropecuaria de Productores Acuícola de Oriente (APAO de RL.), ubicada en el cantón El Platanar, jurisdicción de Moncagua, departamento de San Miguel. Para el ensayo se utilizaron dos estanques de concreto, T1: 81.32 m² y T2: 85.81 m², ambos con dos metros de altura, utilizando para el ensayo un metro de altura (81.32 y 85.81 m³ de agua, respectivamente). Se manejó una densidad de siembra de 50 peces/m³, los muestreos se realizaban cada 14 días, donde se colectaban 10 observaciones, constituidas de 10 peces cada una, totalizando 100 individuos por tratamiento, a los cuales se les tomaba su peso (gr.) y longitud (cm.). El ensayo tuvo una duración de 180 días comprendidos en los meses de Enero – Junio del 2010.

Las variables estudiadas fueron: peso (gr.), longitud total (cm.), ganancia Diaria (gr.), y análisis económico en cada tratamiento. Los resultados del experimento se analizaron mediante un análisis de varianza; el diseño estadístico utilizado fue, comparación de medias para dos grupos, utilizando la prueba de distribución de “t” Student y la prueba de “F” (Fisher).

Al analizar las variables medidas en el estudio se obtuvieron los siguientes resultados y conclusiones:

En relación con la variable peso (gr.), hubo significancia entre los tratamientos, el reversado (T2) fue estadísticamente superior al supermacho (T1), con un peso promedio al final del experimento de 361.22 grs. vs. 244.22 grs. respectivamente, a los 164 días de nacidos.

Al igual que la variable anterior la talla (cm.) fue estadísticamente superior, T2 con una talla promedio final de 25.36 cm. en comparación a T2 que obtuvo 23.35 cm.

Finalmente con los resultados obtenidos en el análisis económicos, el T2 (reversado) resultó ser mejor y más rentable con una relación beneficio costo de \$ 1.62 en cambio el T1 (supermacho) obtuvo \$1.27.

INDICE.

Contenido	Pág.
RESUMEN.....	v
AGRADECIMIENTO.....	iv
DEDICATORIA.....	v
Índice general.....	viii
Índice de cuadros.....	xiv
Índice de figuras.....	xx
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1. Acuicultura.....	3
2.2. El cultivo de Tilapia.....	3
2.3. Origen de la Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	4
2.4. Descripción taxonómica y morfológica.....	4
2.4.1. Taxonomía.....	4
2.5. Características generales de la Tilapia.....	4
2.5.1. Características morfológicas.....	5
2.5.2. Hábitat.....	6
2.5.3. Parámetros fisicoquímicos requeridos en el cultivo de tilapia.....	7
2.5.3.1. Oxígeno.....	7
2.5.3.1.1. Factores que disminuyen el nivel de oxígeno disuelto...	7
2.5.3.2. Tipos de aireación.....	7
2.5.3.2.1. Ventajas de una buena aireación.....	8
2.5.4. Temperatura.....	8
2.5.5. Dureza.....	8
2.5.6. Ph.....	9
2.5.7. Amonio.....	9
2.5.8. Nitritos.....	10
2.5.9. Alcalinidad.....	10
2.5.10. Dióxido de carbono.....	10

2.5.11. Gases tóxicos.....	11
2.5.12. Sólidos en suspensión.....	11
2.5.13. Fosfatos.....	11
2.5.14. Cloruros y sulfatos.....	11
2.6. Fuente de abastecimiento de agua.....	12
2.6.1 Características del agua de abastecimiento.....	12
a) Temperatura.....	12
b) Oxígeno disuelto.....	12
c) Otras características.....	12
2.7. Terrenos aptos para la construcción de estanques.....	13
2.8. Hábitos alimenticios.....	13
2.9. Reproducción.....	13
2.9.1. Características que deben reunir los reproductores.....	14
2.10. Determinación del sexo.....	15
2.11. Anatomía macro y microscópica de las gónadas de los teleósteos...	16
2.11.1. Ovario.....	16
2.11.2. Testículos.....	16
2.11.3. Desarrollo de los productos sexuales.....	17
2.11.3.1. Ovogénesis.....	17
2.11.3.2. Espermatogénesis.....	17
2.12. Obtención de poblaciones de monosexo (todos machos).....	17
2.12.1. Sexado manual.....	18
2.12.2. Hibridación Interespecifica.....	18
2.12.3. Reversión sexual.....	18
2.12.3.1. Proceso de Reversión (Inducción sexual).....	19
2.12.4. Tilapia Masculinizada Genéticamente (GMT).....	20
2.12.4.1. La manipulación genética del sexo y la tecnología del macho YY. 21	
2.13. Siembra.....	21
2.13.1. Aclimatación de los alevines.....	21
2.13.2. Precría.....	21
2.13.3. Levante.....	22

2.13.4. Engorde.....	22
2.14. Alimentación.....	22
2.14.1. Aspectos importantes sobre el alimento.....	23
2.14.2. Formas de alimentar.....	23
2.14.2.1. Alimentación en un solo sitio.....	23
2.14.2.2. Alimentación en "L".....	23
2.14.2.3. Alimentación periférica.....	23
2.14.2.4. Alimentadores automáticos.....	24
2.14.3. Horas de alimentación.....	24
2.14.4. Algunos aspectos nutricionales de los alimentos.....	25
2.14.5. Almacenamiento del alimento.....	28
2.15. Medios de cultivo.....	29
2.15.1. Cultivo en jaulas.....	29
2.15.1.1. Desventajas del cultivo en jaulas.....	30
2.15.1.2. Ventajas del cultivo en jaulas.....	30
2.15.2. Cultivo en estanques.....	31
2.15.2.1. Estanques pequeños.....	31
2.15.2.2. Estanques grandes.....	31
2.16. Sistemas de cultivo.....	32
2.16.1. Cultivo extensivo.....	32
2.16.2. Sistema semi-intensivo.....	32
2.16.3. Sistema intensivo.....	32
2.17. Enfermedades de las tilapias.....	33
2.17.1. Enfermedades bacterianas.....	33
2.17.1.1. Estreptococosis.....	33
2.17.1.2. Tuberculosis o micobacteriosis.....	34
2.17.1.3. La columnaris.....	35
2.17.2. Enfermedades micóticas.....	36
2.17.3. Enfermedades parasitarias.....	36
2.17.3.1. Ciliados.....	36
2.17.3.2. Flagelados.....	37

2.17.3.3. Monogénicos.....	38
2.17.3.4. Digenicos.....	38
2.18. Otros problemas patológicos.	39
2.19 Estudios realizados.....	39
2.19.1 Determinación del crecimiento de hembras y machos de tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) en el Jardín Zoológico de la Habana, Cuba.....	39
2.19.2 Comparación técnica y económica del cultivo de tilapia gris (<i>oreochromis niloticus</i>) utilizando machos reversados y machos no reversados en estanques de tierra... ..	40
2.19.3 Aplicación de técnicas de genética para la producción de tilapia (<i>oreochromis niloticus</i>) monosexo (masculino) en acuicultura, experiencias temprana de filipinas.....	42
2.19.4 El crecimiento comparativo de Tilapia reversada y ambos sexos en agua dulce del sistema de cultivo en jaulas en la India.....	43
3. MATERIALES Y METODOS.....	45
3.1 Generalidades de la investigación.....	45
3.1.2 Ubicación del área de trabajo.....	45
3.1.3 Duración del estudio.....	45
3.1.4 Factores en estudio.....	45
3.1.5 Variables.....	45
3.2 Diseño Experimental.....	45
3.2.1 Unidades experimentales.....	46
3.3 Metodología experimental.....	46
3.3.1 Limpieza de los estanques.....	46
3.3.2 Medición de los estanques.....	46
3.4 Siembra de los alevines.....	47
3.5 Alimentación proporcionada por tratamiento.....	47
3.5.1 Alimentación del Supermacho.....	47
a) Fase de pre-cría.....	47
b) Fase de cría-engorde.....	47
c) Fase engorde-finalización.....	48

3.5.2 Alimentación del Reversado.....	48
a) Fase de pre-cría.....	48
b) Fase de cría-engorde.....	48
c) Fase engorde-finalización.....	48
3.6 Metodología de muestreo en campo.....	49
3.6.1 Muestras.....	49
3.7 Compensación de edades.....	49
3.8 Toma de datos.....	50
3.8.1 Peso de los peces (gr.).....	50
3.8.2 Medición de longitud de los peces (cm.).....	50
3.9 Porcentaje de mortalidad en los tratamientos.....	50
3.10 Análisis económico.....	50
3.11 Mantenimiento de los estanques.....	50
3.12 Materiales.....	51
3.12.1 Alevines supermacho.....	51
3.12.2 Alevines reversados.....	51
3.13 Equipo.....	51
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	52
4.1 Crecimiento de los peces.....	52
4.1.2 Peso vivo (gr.).....	52
a) Peso vivo (gr.) a los 52 días de nacidos.....	52
b) Peso vivo (gr.) a los 66 días de nacidos.....	53
c) Peso vivo (gr.) a los 80 días de nacidos.....	53
d) Peso vivo (gr.) a los 94 días de nacidos.....	53
e) Peso vivo (gr.) a los 108 días de nacidos.....	53
f) Peso vivo (gr.) a los 122 días de nacidos.....	54
g) Peso vivo (gr.) a los 136 días de nacidos.....	54
h) Peso vivo (gr.) a los 150 días de nacidos.....	54
i) Peso vivo (gr.) a los 164 días de nacidos.....	54
4.1.3 Ganancia diaria de peso.....	58
4.1.4 Peso promedio final.....	59

4.1.5 Índice de conversión alimenticia.....	59
4.2 Talla de los peces(cm.).....	61
a) Talla de los peces (cm.) a los 52 días de nacidos.....	61
b) Talla de los peces (cm.) a los 66 días de nacidos.....	62
c) Talla de los peces (cm.) a los 80 días de nacidos.....	62
d) Talla de los peces (cm.) a los 94 días de nacidos.....	62
e) Talla de los peces (cm.) a los 108 días de nacidos.....	63
f) Talla de los peces (cm.) a los 122 días de nacidos.....	63
g) Talla de los peces (cm.) a los 136 días de nacidos.....	63
h) Talla de los peces (cm.) a los 150 días de nacidos.....	63
i) Talla de los peces (cm.) a los 164 días de nacidos.....	63
4.3 Análisis Económico.....	66
5. CONCLUSIONES.....	68
6. RECOMENDACIONES.....	69
7. BIBLIOGRAFIA.....	70
8. ANEXOS.....	71

INDICE DE CUADROS.

Contenido	Pág.
Cuadro 1. Identificación según el patrón de pigmentación para las especies del género <i>Oreochromis</i>	5
Cuadro 2. Concentraciones de oxígeno en el agua y los efectos de estas fluctuaciones.....	7
Cuadro 3. Tamaño (en milímetros) del alimento balanceado a suministrarse de acuerdo al estadio del pez (en gramos).....	24
Cuadro 4. Requerimientos de proteína para tilapia (<i>O. niloticus</i>), según su peso.....	25
Cuadro 5. Requerimientos de aminoácidos esenciales para un óptimo desarrollo de la tilapia (<i>O. niloticus</i>).....	26
Cuadro 6. Cantidad de vitaminas necesarias en la dieta alimenticias de la tilapia (<i>O. niloticus</i>).....	27
Cuadro 7. Minerales y cantidades necesarios para la tilapia (<i>O. niloticus</i>).....	28
Cuadro 8. Estadística descriptiva morfológica de machos y hembras de <i>Oreochromis niloticus</i> (N= Numero de individuos, X= Media General, DE= Desviación Estándar)...	40
Cuadro 9. Peso vivo (gr.), de las ocho mediciones cada 14 días.....	41
Cuadro 10. Valores comparativos de ocho variables de la cosecha de 18 ensayos en la finca de GMT vs MST o SRT en todos los ambientes de cultivo. La media ($\pm \Delta E$) las diferencias entre GMT y controles se expresan en porcentaje del valor de control.....	43

Cuadro 11. El crecimiento de resultados comparativos de hembras y machos de tilapia de control establecidos en la cultura sistema de jaulas.....	44
Cuadro 12. Promedio de peso vivo de los peces en (gr), desde los 52 días de nacidos. hasta los 164 días de nacidos.....	52
Cuadro 13. Datos promedio de ganancia diaria de peso (gr.) a partir de los 66 días de nacidos hasta los 164 días de nacidos.....	58
Cuadro 14. Parámetros importantes en el crecimiento de los peces del T1= tilapia supermacho (4,066 peces).....	60
Cuadro 15. Parámetros importantes en el crecimiento de los peces del T2= tilapia reversada (4,291 peces).....	60
Cuadro 16. Datos promedio de tallas de los peces en centímetros, a partir de los 52 días de nacidos hasta los 164 días de nacidos.....	61
Cuadro 17. Análisis económico comparativo para la especie supermacho y reversado en estanques, siembra de 50 alevines/mt ³	67
Cuadro A- 1 Promedio de peso vivo de los peces en gramos, a los 52 días de nacidos.....	76
Cuadro A-2 Análisis de varianza de los datos promedio de peso de los peces (gr.), a los 52 días de nacidos.....	77
Cuadro A- 3 Datos promedio de peso vivo de los peces gramos, a los 66 días de nacidos.....	78
Cuadro A-4 Análisis de varianza de los datos promedio de peso de los peces (gr.), a los 66 días de nacidos.....	79

Cuadro A-5 Datos promedio de peso vivo de los peces en gramos, a los 80 días de nacidos.....	80
Cuadro A-6 Análisis de varianza de los datos promedio de peso de los peces (gr.), a los 80 días de nacidos.....	81
Cuadro A- 7 Datos promedio de peso vivo de los peces en gramos, a los 94 días de nacidos.....	82
Cuadro A-8 Análisis de varianza de los datos promedio de peso de los peces (gr.), a los 94 días de nacidos.....	83
Cuadro A- 9 Datos promedio de peso vivo de los peces en gramos, a los 108 días de nacidos.....	84
Cuadro A-10 Análisis de varianza de los datos promedio de peso de los peces (gr.), a los 108 días de nacidos.....	85
Cuadro A- 11 Datos promedio de peso de los peces en gramos, a los 122 días de nacidos.....	86
Cuadro A-12 Análisis de varianza de los datos promedio de peso de los peces (gr.), a los 122 días de nacidos.....	87
Cuadro A- 13 Datos promedio de peso de los peces en gramos, a los 136 días de nacidos.....	88
Cuadro A-14 Análisis de varianza de los datos promedio de peso de los peces (gr.), a los 136 días de nacidos.....	89

Cuadro A- 15 Datos promedio de peso vivo de los peces en gramos, a los 150 días de nacidos.....	90
Cuadro A- 16 Análisis de varianza de los datos promedio de peso de los peces (gr.), a los 150 días de nacidos.....	91
Cuadro A- 17 Datos promedio de peso vivo de los peces en gramos, a los 164 días de nacidos.....	92
Cuadro A- 18 Análisis de varianza de los datos promedio de peso de los peces (gr.), a los 164 días de nacidos.....	93
Cuadro A- 19 Datos promedio de longitud de los peces en centímetros, a los 52 días de nacidos.....	94
Cuadro A- 20 Análisis de varianza de los datos promedio de longitud de los peces (cm), a los 52 días de nacidos.....	95
Cuadro A- 21 Datos promedio de longitud de los peces en centímetros, a los 66 días de nacidos.....	96
Cuadro A-22 Análisis de varianza de los datos promedio de longitud de los peces (cm), a los 66 días de nacidos.....	97
Cuadro A- 23 Datos promedio de longitud de los peces en centímetros, a los 80 días de nacidos.....	98
Cuadro A- 24 Análisis de varianza de los datos promedio de longitud de los peces (cm), a los 80 días de nacidos.....	99

Cuadro A- 25 Datos promedio de longitud de los peces en centímetros, a los 94 días de nacidos.....	100
Cuadro A- 26 Análisis de varianza de los datos promedio de longitud de los peces (cm), a los 94 días de nacidos.....	101
Cuadro A- 27 Datos promedio de longitud de los peces en centímetros, a los 108 días de nacidos.....	102
Cuadro A- 28 Análisis de varianza de los datos promedio de longitud de los peces (cm), a los 108 días de nacidos.....	103
Cuadro A- 29 Datos promedio de longitud de los peces en centímetros, a los 122 días de nacidos.....	104
Cuadro A- 30 Análisis de varianza de los datos promedio de longitud de los peces (cm), a los 122 días de nacidos.....	105
Cuadro A- 31 Datos promedio de longitud de los peces en centímetros, a los 136 días de nacidos.....	106
Cuadro A- 32 Análisis de varianza de los datos promedio de longitud de los peces (cm), a los 136 días de nacidos.....	107
Cuadro A- 33 Datos promedio de longitud de los peces en centímetros, a los 150 días de nacidos.....	108
Cuadro A- 34 Análisis de varianza de los datos promedio de longitud de los peces (cm), a los 150 días de nacidos.....	109

Cuadro A- 35 Datos promedio de longitud de los peces en centímetros, a los 164 días de nacidos.....	110
Cuadro A-36 Análisis de varianza de los datos promedio de longitud de los peces (cm), a los 164 días de nacidos.....	111
Cuadro A- 37 Datos promedio de ganancia diaria de peso (gr.), para ambos tratamientos	112
Cuadro A-38. Tabla de alimentación para tilapia (Cultivo semi-intensivo - intensivo)...	113

INDICE DE FIGURAS.

Contenido	Pág.
Fig. 1. Tendencias de ganancia de peso (gr.) de los tratamientos en el experimento.....	42
Fig. 2. Promedio de peso en gramos a partir de los 52 días de nacidos, hasta 164 días después de nacidos, de tilapia masculinizada genéticamente (Supermacho) y tilapia con cambio hormonal de sexo (Reversado).....	53
Figura 3. Ganancia diaria de peso (gr/día) de T1 y T2 (supermacho y reversada, respectivamente) a partir de los 52, hasta 164 días después de nacidos.....	58
Figura 4. Promedio de longitud en centímetros a partir de los 52 días de nacidos, hasta 164 días después de nacidos, de tilapia masculinizada genéticamente (Supermacho) y tilapia con cambio hormonal de sexo (Reversado).....	62

1. INTRODUCCION

En El Salvador los volúmenes de producción pesquera en cuanto al concepto de acuicultura continental según estadísticas de CENDEPESCA, indican un incremento año con año a partir del 2002, la importancia de lo anterior radica en que la piscicultura como rubro de producción va ganando auge ya que por un lado se esta convirtiendo en una alternativa alimenticia y por otro es una fuente de ingresos para muchas familias salvadoreñas, por lo que es esencial explotarlo. Una de las especies más cultivadas es la tilapia (*Oreochromis niloticus*), un pez cuya crianza se encuentra difundida en las zonas tropicales y subtropicales del mundo. Este pez es uno de los preferidos por los piscicultores debido su gran tolerancia a distintos entornos, resistencia a enfermedades, relativamente fácil reproducción, carne de buena calidad y de gran aceptación tanto en los mercados nacionales como internacionales. (27)

Sin embargo, su alta facilidad reproductiva a temprana edad es uno de los mayores problemas en su cultivo, ya que no alcanzan tallas comerciales por el gasto de energía que conlleva la reproducción, causando sobrepoblación en los estanques, generando competencia por el alimento, dificultad en el control de densidades y principalmente bajos crecimientos. Otra dificultad es que las hembras que biológicamente representan el 50% de la población presentan un crecimiento más lento comparado con los machos; esto se debe a que durante la etapa de incubación las hembras no se alimentan.

Dentro de las principales alternativas de solución se han empleado los cultivos en monosexo (preferiblemente machos), que consisten en engordar poblaciones compuestas exclusivamente por individuos machos, y estas pueden ser obtenidas por medio de la técnica del Sexado manual, Hibridización Interespecífica, Inducción o Reversión sexual y Tilapia Masculinizada Genéticamente (GMT).

Actualmente se explotan con éxito en El Salvador, las líneas de tilapia reversada y recientemente la supermacho (GMT). Por ello se llevo a cavo un ensayo, con el objetivo de comparar los rendimientos entre ambas líneas, tomando en cuenta las variables de peso (gr.), talla (cm.) y ganancia diaria de peso (gr.).

La investigación se llevo a cabo durante el periodo del diecinueve de Enero al primero de Junio de 2010 (133 días). El ensayo tuvo lugar en las instalaciones de la Asociación de Productores Acuícola de Oriente (APAO de R.L), ubicada en cantón El Platanar, Jurisdicción

de Moncagua, departamento de San Miguel. Para el ensayo se utilizaron 2 estanques de concreto, el primero de 81.32 m², el segundo de 85.81 m², con una altura de 2 m cada uno, una profundidad efectiva de 1 m., utilizando para el ensayo (81.32 y 85.81 m³ de agua respectivamente). Se utilizó la prueba estadística “t” Student, con 2 tratamientos, 10 repeticiones que constaron de 10 unidades experimentales cada una. Los muestreos se realizaron cada 14 días, tomando 10 muestras por tratamiento, constituidas de 10 peces cada muestra, los cuales fueron pesados y medidos hasta completar los 164 días de vida. Los tratamientos a evaluar fueron: T1: Tilapia genéticamente mejorada (Supermacho) y T2: Tilapia reversada.

La investigación se dividió en 2 fases: campo y análisis de datos; la fase de campo se desarrolló en 2 etapas dentro de la asociación: Precría y engorde; la segunda fase incluye el análisis estadístico de los datos recogidos a lo largo del trabajo de campo y elaboración de este documento.

Esta investigación se considera de mucha importancia ya que los resultados obtenidos demuestran que una línea de cultivo monosexo de tilapia es mejor que otra, en cuanto a ganancia de peso y talla se refiere; brindando referencias para futuras investigaciones que busquen validar los resultados obtenidos en nuestro estudio; y de esta manera estar en la capacidad de recomendar a los acuicultores de nuestro país, que línea de cultivo monosexo es mas rentable para su granja.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Acuicultura.

La acuicultura abarca todas las actividades dirigidas a la producción y comercialización de organismos acuáticos como peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas. La FAO (15) señala que la actividad del cultivo implica la intervención del hombre en el proceso de cría para aumentar la producción en operaciones como la siembra, la alimentación y protección de depredadores entre otros. Así también los productos obtenidos de las especies acuícola son alimentos de alta calidad ya que contienen una cantidad importante de materias proteicas, son ricos en vitaminas y minerales y poseen cantidades variables de grasa, calcio, fósforo y elementos necesarios para la salud del hombre y su crecimiento (27).

Orellana (37). Afirma que la práctica de la acuicultura en El Salvador, es realizada sistemáticamente desde 1958. A través de este tiempo se han verificado estudios, tanto en conocimiento biológico de especies nativas como en la adaptación de las exóticas, lo mismo que su rendimiento en cultivos y dentro de las especies principalmente utilizadas se tienen a los ciclidos como la tilapia (*Oreochromis niloticus*).

2.2 El cultivo de Tilapia.

Las tilapias (familia cichlidae) han sido una importante fuente de alimento para el hombre. Desde el punto de vista de la nutrición humana, la tilapia (*Oreochromis niloticus*) ya estaba firmemente establecida como uno de los peces mas importantes del mundo desde principios del siglo XX, pero en ese siglo, debido al énfasis cada vez mayor en la acuicultura, la tilapia se ha vuelto mucho mas valiosa (37). Para mediados de la década de los ochenta la tilapia era el segundo pez mas cultivado en el mundo, superado únicamente por la carpa común (*Cuprinus carpio*). Según el departamento pesquero de la FAO (16), la producción mundial en los últimos doce años se ha incrementado a una tasa promedio del 12% anual.

Entre los peces de importancia en la acuicultura, la tilapia parece tener un futuro asegurado gracias a sus características específicas.

En Centroamérica el desarrollo de un fuerte mercado domestico de tilapia, podría diversificar las oportunidades de mercado para los acuicultores y servir como un estabilizador para las fluctuaciones del mercado de exportación (14)

2.3 Origen de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*).

Respecto al origen de la tilapia Hopher & PrugininM (19); explica que la tilapia es originarias de África y pertenecen a la familia Cichlidae. Todas de forma oblonga, con largas aletas dorsales que tienen de 23-25 espinas y rayos, la nariz tiene un rostrillo en cada lado.

2.4 Descripción taxonómica y morfológica.

2.4.1 Taxonomía.

Según Huet (21), la ubicación taxonómica de la especie es la siguiente:

Phyllum	Chordata
Subphyllum	Vertebrata
Superclase	Gnathostomata
Serie	Pisces
Clase	Actinopterygii
Orden	Perciforme
Suborden	Percoide
Familia	Cichlidae
Genero	<i>Oreochromis</i>
Espécies	<i>redalli, aureus, niloticus, mossambicus, urolepis, hornorum</i>

2.5 Características generales de la Tilapia.

Las tilapias son peces endémicos, originarias de África y el Cercano Oriente, en donde se inicia la investigación de aspectos biológicos de la especie a comienzos del siglo XIX, aprovechando sus características se consideró ideal para la piscicultura rural. A partir de 1924, se intensificó su cultivo en Kenia, sin embargo fue en el extremo oriente, en Malasia, en donde se obtuvieron los mejores resultados y se inició su progresivo cultivo en el ámbito mundial. La tilapia es la variedad más representativa para los cultivos acuícolas de agua dulce, esto debido a su alta facilidad para adaptarse a medios hostiles y aceptación a una amplia gama de alimentos. Pertenece a la familia *Cichlidae*, la cual abarca más de 100 especies distribuidas ampliamente en zonas tropicales de África, América y Asia. (15). Coche (7), menciona que las condiciones favorables que convierten a las tilapias en unos de los géneros más apropiados para los cultivos son:

- Resistencia de soportar bajas concentraciones de oxígeno.
- Rangos variados de salinidad.
- Gran resistencia física y a las enfermedades.
- Acelerado crecimiento.
- Buen aprovechamiento de las dietas artificiales suministradas.
- La excelente calidad de su carne (textura firme, coloración blanca) hace que sea un pescado apreciado y apetecido por los consumidores.

2.5.1 Características morfológicas.

El cuerpo de estos peces es robusto comprimido, a menudo discoidal, raramente alargado, con aleta dorsal que tiene de 23 a 31 espinas y/o radios; tiene un solo rostrulo en cada lado de la cabeza que sirve simultáneamente como entrada y salida de la cavidad nasal; la boca es protractil, mandíbula ancha, a menudo bordeada por labios gruesos con dientes cónicos y en algunas ocasiones incisivos, en otros casos puede presentar un puente carnosos (freno) que se encuentra en el maxilar inferior, en la parte media debajo del labio (7).

La línea lateral es bifurcada; la porción superior se extiende desde el opérculo hasta los últimos radios de la aleta dorsal, en la porción inferior, aparecen varias escamas por debajo de donde termina la línea lateral de la parte superior hasta la terminación de la aleta caudal; la aleta caudal truncada redondeada. Generalmente, el macho se desarrolla más que la hembra. Las tilapias son peces de aguas cálidas tropicales (7).

Cuadro 1. Identificación según el patrón de pigmentación para las especies del género *Oreochromis*.

Área de pigmentación	Coloración
CUERPO	Verde metálico, en el macho maduro ligeramente gris.
CABEZA	Verde metálico
OJOS	Cafés
REGION VENTRAL	gris plateado
PAPILA GENITAL	Blanca

BORDE ALETA DORSAL	Negra a oscura
POSICION TERMINAL DE ALETA CAUDAL	Roja, bandas negras bien definidas y uniformes en forma circular.
PERFIL DORSAL	Convexo
LABIOS	Negros

Fuente: tilapia gris 2006, una evolución de 25 años, de la incertidumbre al éxito.

2.5.2 Hábitat.

Las tilapias africanas como se les conoce comúnmente, son especies aptas para el cultivo en zonas tropicales y subtropicales. Se les encuentra habitando en aguas lénticas (lentas), principalmente someras o turbias (estancadas o inactivas) como lagos, lagunas, litorales, bordos, estanques, así como también en lóaticas (aguas corrientes) a orillas de ríos entre piedras y plantas acuáticas e inclusive en aguas marinas. (4)

El hábitat que prefieren es de fondo lodoso, toleran altas salinidades, son peces eurihalinos, o sea que pueden vivir en aguas dulces, salobres y marinas, el rango de tolerancia es de 0 a 40 partes por mil y algunos casos, se ha presentado por arriba de esta salinidad. Son especies euritérmicas, siendo el rango de tolerancia de 12°C a 42°C. La temperatura ideal para su cultivo fluctúa entre 29°C, aunque se reproduce aún a los 18°C., además soportan concentraciones de oxígeno bastante bajas, su requerimiento mínimo es de 1 mg/L. Se reproducen a temprana edad, alrededor de las 8 ó 10 semanas, teniendo una talla entre 7 a 16 cm., por lo que dificulta el control de la población en los estanques donde se cultiva. (4).

2.5.3 Parámetros fisicoquímicos requeridos en el cultivo de tilapia.

2.5.3.1 Oxígeno.

Dentro de los parámetros físico-químicos, el oxígeno es el más importante en el cultivo de especies acuáticas.

El grado de saturación del oxígeno disuelto es inversamente proporcional a la altitud y directamente proporcional a la temperatura y pH. (6)

2.5.3.1.1 Factores que disminuyen el nivel de oxígeno disuelto.

- Descomposición de la materia orgánica.
- Alimento no consumido.
- Heces.
- Animales muertos.
- Aumento 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).
- Desgacificación: salida del oxígeno del agua hacia la atmósfera.
- Nubosidad: en días opacos las algas no producen suficiente oxígeno.
- Aumento de sólidos en suspensión: residuos de sedimentos en el agua, heces, etc.
- Densidad de siembra. (6)

Según CIC–CORPEI (6). La tilapia es capaz de sobrevivir a niveles bajos de oxígeno disuelto (1,0mg/l), pero esto provoca efecto de estrés, siendo la principal causa de origen de infecciones patológicas. Para mantener un cultivo exitoso de tilapia, los valores de oxígeno disuelto deberían estar por encima de los 4mg/L, el cual debería ser medido en la estructura de salida del estanque (desagüe). Valores menores al indicado, reducen el crecimiento e incrementa la mortalidad. (Ver cuadro 1)

Cuadro 2. Concentraciones de oxígeno en el agua y los efectos de estas fluctuaciones.

Oxígeno (p.p.m)	Efectos
0 – 0.3	Los peces pequeños sobreviven en cortos períodos.
0.3 2.0	Letal a exposiciones prolongadas.
3.0 4.0	Los peces sobreviven pero crecen lentamente.
> 4.5	Rango deseable para el crecimiento del pez.

2.5.3.2 Tipos de aireación.

- natural: caídas de agua, escaleras, chorros, cascadas, sistemas de abanico.

- mecánica: motobombas, difusores, aireadores de paletas, aireadores de inyección de O, generadores de oxígeno líquido. (6)

-

2.5.3.2.1 Ventajas de una buena aireación.

- permite incrementar las densidades de siembra hasta un 30% y manejar densidades más altas por unidad de área, como en el caso del cultivo en jaulas.
- se obtiene buenos rendimientos (crecimiento, conversión alimenticia, incremento de peso y menor mortalidad).
- compensa los consumos de oxígeno demandados en la degradación de la materia orgánica, manteniendo niveles más constantes dentro del cuerpo de agua.
- elimina los gases tóxicos. (6)

2.5.4 Temperatura.

Según Saavedra (42). Los peces son animales poiquiloterms (su temperatura corporal depende de la temperatura del medio) y altamente termófilos (dependientes y sensibles a los cambios de la temperatura).

La tilapia presenta una gran resistencia a condiciones extremas de temperatura, prefiriendo temperaturas elevadas para su óptimo crecimiento, desarrollo y reproducción; el rango óptimo de temperatura para el cultivo de tilapias fluctúa entre 28°C y 32°C, aunque ésta puede continuarse con una variación de hasta 5°C por debajo de este rango óptimo.

Los cambios de temperatura afectan directamente la tasa metabólica, mientras mayor sea la temperatura, mayor tasa metabólica y, por ende, mayor consumo de oxígeno.

El efecto negativo sobre el crecimiento del pez cultivado, que pudiera originar las variaciones grandes de temperatura entre el día y la noche, podría subsanarse con el suministro de alimentos con porcentajes altos de proteína (30%, 32%, etc.).

2.5.5 Dureza.

Es la medida de la concentración de los iones de Ca y mg expresados en p.p.m de su equivalente a carbonato de calcio.

- Existen aguas blandas (< 100ppm) y aguas duras (>100ppm).
- Rangos óptimos: entre 50-350 ppm de Ca Co.

- Por estar relacionada directamente con la dureza, el agua para el cultivo debe tener una alcalinidad entre 100ppma 200ppm.
- Durezas por debajo de 20 ppm ocasionan problemas en el porcentaje de fecundidad (se controlan adicionando carbonato de calcio (CaCo), o cloruro de calcio (CaCl)).

2.5.6 Ph.

- Es la concentración de iones de hidrógeno en el agua.
 - El rango óptimo está entre 6.5 a 9.0.
 - Valores por encima o por debajo, causan cambios de comportamiento en los peces como letárgia, inapetencia, retardan el crecimiento y retrasan la reproducción.
 - Valores de ph cercanos a 5 producen mortalidad en un período de 3 a 5 horas, por fallas respiratorias; además, causan pérdidas de pigmentación e incremento en la secreción de mucus de la piel.
 - Cuando se presentan niveles de ph ácidos, el Ion fe ++ se vuelve soluble afectando las células de los arcos branquiales y por ende, disminuyendo los procesos de respiración, causando la muerte por anoxia (asfixia por falta de oxígeno).
 - El ph en el agua fluctúa en un ciclo diurno, principalmente influenciada por la concentración de co2, por la densidad del fitoplancton, la alcalinidad total y la dureza del agua. El ph para tilapia debe de ser neutro o muy cercano a él, con una dureza normalmente alta para proporcionar una segregación adecuada del mucus en la piel.
- (42)

2.5.7 Amonio.

Es un producto de la excreción, orina de los peces y descomposición de la materia (degradación de la materia vegetal y de las proteínas del alimento no consumido). El amonio no ionizado (forma gaseosa) y es el primer producto de excreción de los peces, es un elemento tóxico. (42)

La toxicidad del amonio en forma no ionizada (nh), aumenta cuando la concentración de oxígeno disuelto es baja, el ph indica valores altos (alcalino) y la temperatura es alta. Cuando los valores de ph son bajos (ácidos), el amonio no causa mortalidades. Los valores de amonio deben fluctuar entre 0.0 1 ppm a 0.1 ppm (valores cercanos a 2 ppm son críticos). El amonio

es tóxico, y se hace más tóxico cuando el ph y la temperatura del agua están elevados, los niveles de tolerancia para la tilapia se encuentra en el rango de 0.6 a 2.0 p pm. (42)

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, inmunosupresión y susceptibilidad a las enfermedades, reducción del crecimiento y sobrevivencia, exoftalmia (ojos brotados) y ascitis (acumulación de líquidos en el abdomen). (34)

El nivel de amonio se puede controlar con algunas medidas de manejo como: secar y encalar el suelo dependiendo de los valores de ph (ph < 5: 2500 3500 Kg./ha, ph de 5 a 7: 1500 a 2500 Kg./ha, ph > de 7: de 1000 a 500 Kg./ha). (42)

Adición de fertilizantes inorgánicos, fosfatados (spt (25kg/ha) o al 20% (45kg/ha), durante 5 días continuos. (42)

2.5.8 Nitritos.

Son un parámetro de vital importancia por su gran toxicidad y por ser un poderoso agente contaminante. Se generan en el proceso de transformación del amoníaco a nitratos. La toxicidad de los nitritos depende de la cantidad de cloruros, temperatura y concentración de oxígeno en el agua.

Es necesario mantener la concentración por debajo de 0.1 ppm, haciendo recambios fuertes, limitando la alimentación y evitando concentraciones altas de amonio en el agua. (42)

2.5.8 Alcalinidad.

Es la concentración de carbonatos y bicarbonatos en el agua. 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. (42)

2.5.9 Dióxido de carbono.

Es un producto de la actividad biológica y metabólica, su concentración depende de la fotosíntesis. Debe mantenerse en un nivel inferior a 20 ppm, porque cuando sobrepasa este valor se presenta letargia e inapetencia. (42)

2.5.10 Gases tóxicos.

Son compuestos químicos producidos en los estanques por la degradación de materia orgánica. A continuación, se presenta los más comúnmente hallados y cuyas concentraciones deben estar por debajo de los valores siguientes:

- Sulfuro de hidrogeno < 10ppm.
- Acido cianídrico < 10ppm.
- Gas metano < 25ppm.

Estos gases incrementan su concentración con la edad de los estanques y con la acumulación de materia orgánica en el fondo, produciendo mortalidades masivas y crónicas. Se pueden controlar mediante la adición de cal y zeolita a razón de 40 Kg./ha, además, del secado de estanques (entre cosechas). (42)

2.5.11 Sólidos en suspensión.

Aumentan la turbidez en el agua, disminuyendo el oxígeno disuelto en ella. Los sólidos se deben controlar mediante sistemas de desarenadores y filtros. De acuerdo a la concentración de sólidos disueltos podemos clasificar los estanques así:

- Estanques limpios: sólidos menores a 25 mg/l.
- Estanques intermedios: sólidos entre 25 - 100 mg/l.

2.5.12 Fosfatos.

Son productos resultantes de la actividad biológica de los peces y de la sobrealimentación con alimentos balanceados. La concentración alta, causa aumento en la población de fitoplancton; y éstas a su vez, provocan bajas de oxígeno por la noche.

Su valor debe fluctuar entre 0.6 y 1.5 ppm como po. Su toxicidad aumenta a valores de ph ácido. (42)

2.5.13 Cloruros y sulfatos.

Al igual que los fosfatos, se derivan de la actividad metabólica de los peces y del aporte de los suelos y aguas subterráneas, utilizadas en las granjas piscícolas.

El límite superior para cada uno de estos compuestos, son 10 ppm y 18 ppm respectivamente.
(42)

2.6 Fuente de abastecimiento de agua.

NICOVITA (34), manifiesta que debe asegurarse el suministro en cantidad suficiente para el llenado de los estanques, reposición de las pérdidas que ocasiona la evaporación y filtración, y seguridad de un recambio adecuado.

Por su calidad física, química, microbiológica y ausencia de predadores se considera al agua de pozo como la más idónea para los cultivos acuáticos, siempre y cuando se tome la precaución de oxigenarla antes de su entrada al estanque.

En caso de uso de agua de origen superficial proveniente de ríos, arroyos, manantiales, lagunas o embalses, la misma deberá estar libre de contaminantes, agroquímicos, metales pesados y predadores. Para su utilización se deberán realizar los correspondientes análisis y tener en cuenta que la misma está disponible en caudal suficiente.

2.6.1 Características del agua de abastecimiento:

a) Temperatura.

- Máxima: 36°C.
- Mínima: 18°C.
- Óptima: entre 34 y 36°C. (25)

b) Oxígeno disuelto.

- Mínimo: menor a 2 p.m. (partes por millón) a la salida del estanque.
Óptimo: mayor al 75% de saturación a la entrada del mismo. (34)

Otras características.

- pH: rango aceptable 6,5 a 8,5.
- Alcalinidad total 100 a 200 mg/1.
- Dureza total 20 a 350 mg/1.
- Nitritos menores a 0,1 mg/1.
- Nitratos menores a 10 mg/1. (34)

Se debe conocer el régimen de precipitaciones en la zona al implantar el cultivo, ya que éstas ayudan al llenado de estanques o, eventualmente, a la restitución del agua perdida por filtración o evaporación: el uso de fertilizantes orgánicos y los desechos de los peces tienden a sellar los estanques, lo que reduce las pérdidas por filtración. (34)

2.7 Terrenos aptos para la construcción de estanques.

Los suelos de limo o arcilla, o una mezcla de ambos, con una pequeña proporción de arcilla en su contenido son los ideales para la construcción de estanques. El sitio seleccionado debe mostrar una ligera pendiente natural, de manera que los cerramientos puedan vaciarse por gravedad. (34)

No se recomienda construir estanques en zonas inundables, zonas de suelos ácidos, arenosos o rocosos o zonas donde se efectúen aplicaciones de agroquímicos en las inmediaciones. (34)

Los suelos con más de 60 % de arcilla tienden a resquebrajarse al momento de secado de los estanques, originando filtraciones posteriores.

Las muestras para analizar el suelo deben ser tomadas hasta una profundidad mayor al metro con el objeto de obtener sus características físicas y químicas. (34)

2.8 Hábitos alimenticios.

Los cíclidos son considerados como omnívoros que hasta su etapa de cría de 5 cm. presenta preferencias planctófagas, puesto que su alimentación se basa en el consumo de zooplancton, insectos y vegetales acuáticos, y de alimentos artificiales como harinas y granos. Los juveniles se alimentan preferentemente de fitoplancton y zooplancton, inclusive aceptan alimentos preparados que se utilizan en la crianza de pollos. (4)

2.9 Reproducción.

Las tilapias poseen un tipo de reproducción sexual, o sea 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 los peces como es el caso de la tilapia

dichas glándulas se empiezan a diferenciar en la etapa temprana de su desarrollo entre el día 15 al 20 después de que nacen. (40)

Varios factores deben ocurrir, para que se de la maduración sexual en la tilapia y los más importantes son: Fotoperíodo, 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. (40)

2.9.1 Características que deben reunir los reproductores.

Las características y requerimientos de la *Oreochromis niloticus* sexualmente madura cultivada en estanques son:

- Edad de madurez sexual: Machos (4 a 6 meses), hembras (3 a 5 meses).
- Longitud: 10 a 12 cm.
- Peso: 50 a 100 g.
- Número de desoves: 5 a 8 veces/año.
- Temperatura de desove: Rango 25°C a 31°C.
- Número de huevos/hembra/desove: En buenas condiciones mayor de 100.
- Huevos hasta un promedio de 1.500 dependiendo de la hembra.
- Vida útil de los reproductores: 2 a 3 años.
- Tipo de incubación: Bucal.
- Tiempo de incubación: 3 a 6 días.
- Proporción de siembra de reproductores: 1.5 a 2 macho por cada 3 hembras. (16)

Cantor Atlatenco (4), menciona que el apareamiento es influenciado por los hábitos reproductivos y la organización social de las tilapias, pues estos factores guardan estrecha relación con su madurez sexual y conlleva los siguientes eventos:

- En la reproducción, cuando las condiciones son propicias, los machos construyen una colonia de nidos en el sustrato, mismos que se encuentran cercanos unos de otros. Cada macho construye su nido excavando una depresión en el sustrato y poniendo los escombros uniformemente alrededor del perímetro. En una sección transversal estas depresiones aparecen como un tazón, cada uno forma el centro del territorio de cada macho, del cual alejan a otros machos. El tamaño de los nidos parece estar en función

de la talla y la cercanía de los nidos, lo cual permite que cada ocupante pueda ver a sus vecinos sobreguardando sus nidos.

- Estas concentraciones de machos así como su conducta, parecen servir de estímulo a las hembras y probablemente influyan para que se mantenga la actividad reproductiva y la disponibilidad de éstas.
- Al nadar las hembras cerca del nido estimulan a los machos, si están maduras entran al nido y después de una serie de cortejos rituales que realizan los machos (los cuales presentan coloración acentuada y vistosa), depositan los óvulos en el piso del nido donde son fertilizados. Una vez que esto ocurre, las hembras toman los huevos en la boca y se retiran del nido.
- Con la boca llena de huevos, la hembra de *Oreochromis* busca aislamiento y evita el contacto con los otros peces. Casi inmediatamente se distingue en su cuerpo una marca característica como banda o manchas oscuras que aparecen sobre un fondo olivo pálido o amarillento. Una o más bandas oscuras aparecen a través de la parte delantera, siendo una de ellas más prominente y corre de ojo a ojo.
- El período de incubación tarda de 60 a 72 horas, después de los cuales avivan los pequeños alevines que la hembra llevará en su boca durante 5 a 8 días. Posteriormente y al cabo de este período, las crías hacen cortas incursiones durante los cuales abandonan su refugio bucal, retornando a él en algún momento de peligro.
- Poco a poco, las crías son liberadas por la madre formando un cardume compacto que nada en la superficie del agua y en las orillas donde existe baja profundidad.
- Una hembra volverá a desovar en un período de 4 a 6 semanas nuevamente. Durante el período de incubación las hembras no se alimentan y fácilmente pierden hasta un tercio de su peso.

2.10 Determinación del sexo.

Hasta el momento se reconocen un total de 44 cromosomas autosómicos en las tilapias, y la no presencia de cromosomas sexuales. Para poder comprender los mecanismos de definición sexual en las tilapias es importante independizar los términos determinación sexual y diferenciación sexual, que son afectados por muchos factores genéticos, ambientales, de comportamiento y fisiológicos. (13)

El mecanismo genético tradicional para la determinación del sexo es explicado normalmente por los ejemplares heterogaméticos y determinada por dos mecanismos sexuales diferentes en el género *Oreochromis*, adicionalmente a la influencia sobre la determinación del sexo de los genes autosómicos y al Factor Determinante de Testículos (DTF). (13)

Pero el medio ambiente también tiene una gran influencia sobre la determinación del sexo, siendo el factor más importante la Temperatura (TSD = Temperature Sex Determination), especialmente en especies termosensitivas en los que están incluidos los Cíclidos, lo que indica una fuerte interacción entre la Temperatura y el genotipo. (13)

Entender las interacciones genotipo-ambiente en los peces es de gran interés no solo para la biología sino también para la gestión adecuada de la piscicultura. Actualmente se investiga qué condiciones ambientales influyen en la diferenciación sexual de los peces. Para algunas especies ya se sabe que el aumento de temperatura puede derivar en un aumento de machos en la descendencia. Si la temperatura del agua en la que se desarrollan las larvas es de unos 21°C, más elevada de lo normal la proporción de machos aumenta al 80%, 90% o incluso al 100%.

2.11 Anatomía macro y microscópica de las gónadas de los teleósteos.

Las gónadas en los teleósteos se originan de un solo primordio germinal que evoluciona del peritoneal correspondiente al cortex en los vertebrados y no existe evidencia de que el mesonefros contribuya en su formación. (13)

2.11.1 Ovario.

Carrillo Ávila & Rodríguez Pulido (9), mencionan que en general el ovario de los teleósteos se presenta como dos sacos alargados, situados a cada lado del cuerpo unidos a la cavidad corporal, en posición ventro-lateral a la vejiga hidrostática unidos a la pared celómica por el mesorquio.

2.11.2 Testículos.

Para los autores antes citados generalmente los teleósteos presentan testículos pares de forma alargada, localizándolos en posición ventral a la columna vertebral y a la vejiga hidrostática, prolongándose en dirección caudal por el canal deferente. De la superficie medio

dorsal posterior de cada testículo se origina un espermiducto que desemboca en la papila urogenital, ubicada entre el recto y los ductos urinarios. (9)

2.11.3 Desarrollo de los productos sexuales.

2.11.3.1 Ovogénesis.

El folículo ovárico es relativamente simple. En fases tempranas del desarrollo, los oocitos están rodeados por una capa de células foliculares; a medida que crece, estas células se incrementan y diferencian para formar una capa folicular continua y unicelular, llamada granulosa, separada del oocito por el tejido conectivo del estroma que se organiza formando la teca o envoltura externa. (9)

2.11.3.2 Espermatogénesis.

Este proceso consiste en la transformación de una espermatogonia en un espermatozoide funcional determinada por una compleja serie de eventos hormonales. En el testículo existen varios tipos de espermatogonias, dependiendo del estado de madurez sexual, las cuales proliferan en los lóbulos testiculares durante el periodo de reposo sexual. (9)

2.12 Obtención de poblaciones de monosexo (todos machos).

Según Mair y Little (25). La conveniencia de las poblaciones monosexo para el cultivo de tilapia está bien establecida ya que la engorda de poblaciones masculinas evita o reduce al mínimo la competencia entre los reclutas y los peces sembrados, que puede reducir significativamente los rendimientos de la cosecha. Esto es debido al gasto energético en las interacciones del comportamiento femenino-masculino y en la producción de gametos, lo que maximiza el potencial de crecimiento. Varios métodos han sido desarrollados para lograr cultivos monosexo (población masculina).

Espejo González y Torres Quevedo (14), mencionan que para conseguir una población de monosexo de tilapia se pueden utilizar los siguientes métodos:

- » Sexado Manual.
- » Hibridación Interespecifica.
- » Reversión sexual (Inducción sexual).
- » Tilapia Masculinizada Genéticamente (GMT).

2.12.1 Sexado manual.

Para obtener una población 100% machos se recomienda llevar a cabo el método de sexado manual, el cual se puede realizar en ejemplares que hayan alcanzado el desarrollo de características externas en sus órganos, los que se pueden observar en animales de talla superior a 10 cm. Este método consiste en separar los machos de las hembras por medio de la diferenciación de las papilas genitales, las cuales resaltan mediante la aplicación en ellas de algún colorante como el azul de metileno. La efectividad de este método depende principalmente de la destreza o experiencia de la persona que realice la práctica.

La diferenciación externa de los sexos se puede efectuar observando la papila genital, el macho presenta dos orificios bajo el vientre: el ano y el orificio urogenital, mientras que la hembra posee tres: el ano, el poro genital y el orificio urinario. Sin embargo una diferenciación científica requerirá de comprobaciones morfométricas muy tediosas. (40)

2.12.2 Hibridación Interespecifica.

Este consiste en el cruce de dos especies diferentes etológica y genéticamente, con el fin de obtener individuos monosexo y un mejoramiento en sus características fenotípicas. Como condición especial para que este sistema funcione se necesita contar con cepas absolutamente puras de las dos especies seleccionadas. El cruce mas usado en tilapicultura es el de machos de *Oreochromis aureus* por hembras de *Oreochromis niloticus*, que garantiza una descendencia 100% de machos de excelentes condiciones y características. (40)

2.12.3 Reversión sexual.

Este se realiza durante el primer mes de vida del animal una vez absorbido el saco vitelino, utilizando hormonas. Un método desarrollado para obtener una población monosexual de machos es la reversión sexual (19). Según Hepher y Pruginin, (19) dos cualidades relacionadas con la determinación del sexo de la tilapia que permiten la técnica de la reversión sexual son:

1. 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 los alevines miden menos de 18 a 20 mm. de longitud.
2. El sexo es muy inestable poco después de la eclosión y puede ser afectado por factores internos y externos.

Se ha encontrado 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. Esto se ha intentado de muchas maneras, como sumergiendo a los alevines a una solución de hormona acuosa o inyectando hormonas; pero el método más conveniente y efectivo es la administración oral. Las hormonas son incorporadas en el alimento de los alevines. (19)

Además hay muchos andrógenos que pueden ser utilizados, pero cuando se suministran oralmente, los más activos son el etiniltestosterona (ET) y el metiltestosterona (MT). Para tratar a los alevines para la reversión sexual, deben asegurarse grandes cantidades de alevines recientemente nacidos, de una edad y tamaño más o menos uniforme. Esto se puede llevar a cabo almacenando en un pequeño estanque de reproductores de tilapia en una densidad relativamente alta. 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 alevines se agrupan en un cardume 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 transferidos a los tanques de tratamiento. (19)

2.12.3.1 Proceso de Reversión (Inducción sexual).

Los alevines de tilapia inician su alimentación mas o menos a los 3 días después de haber absorbido todo su saco vitelino, en ese momento en que empiezan a comer no han desarrollado sus gónadas (testículos y ovarios) entonces el proceso de reversión sexual consiste en actuar en ese momento, la idea es que los alevines se desarrollen como machos, para eso al alimento concentrado que viene pulverizado se le mezcla con la hormona masculina llamada *17 alfa metiltestosterona*, y se alimentan durante el primer mes de vida, entre mas pequeño sea el tamaño del alevín, mucho mejor, lo recomendable es que no exceda de 14mm. (2)

Castillo Campo (10), menciona que los procesos de inducción sexual se relacionan directamente con la diferenciación gonadal y consiste en el suministro temprano de esteroides en el alimento por un corto período.

La hormona androgénica 17 alfa metiltestosterona modifica directamente las características sexuales secundarias (Fenotipo), y tiene un efecto adicional sobre las gónadas, al afectar su normal desarrollo, pero en ningún momento afecta el Genotipo, por lo que los individuos

genéticamente mantienen la segregación normal esperada en el momento de la fertilización, lo que ocasiona una disparidad de tallas típica de machos y hembras, pero con menor incidencia de enanismo. (10).

Según Wikipedia (49), la testosterona es una hormona androgénica que en realidad es una prohormona ya que para realizar su acción fisiológica o farmacológica debe reducirse en posición 5-alfa-dihidrotestosterona, que es la hormona activa. Es una hormona propia del género *masculino*, que permite desarrollar los músculos del hombre con muy poco esfuerzo. Las mujeres producen poco o nada.

Estructura química: la testosterona es un andrógeno, esteroide derivado del ciclopentanoperhidrofenantreno, que tiene 19 átomos de carbono, un doble enlace entre C4 y C5, un átomo de oxígeno en C3 y un radical hidroxilo (OH) en C17, fórmula C₁₉H₂₈O₂. Esta estructura es necesaria para el mantenimiento de la actividad androgénica. (49)

Los derivados de la testosterona se originan a partir de modificaciones de su estructura química, por ejemplo la Testosterona oral que es el agregado de grupos metilos en C1, C7 y C17 aumenta la actividad biológica. La 17 alfa metiltestosterona es un derivado especial porque conserva su acción androgénica y es activa por vía oral. (49)

Tilapia Masculinizada Genéticamente (GMT).

Myers y Hershberger (30), menciona que la tecnología de machos YY, es una combinación de cambio de sexo y las pruebas de progenie combinadas en un programa de cría, que es esencialmente la selección de sexo. La etapa inicial induce a la inversión sexual de alevines de tilapia sexualmente indiferenciados en hembras triángulo (es decir, los machos XY genéticos que son fenotípicamente feminizados), que luego son identificados por pruebas de progenie. Identificadas hembras delta XY se cruzan con machos normales XY, obteniendo 1/3 de la descendencia machos YY, que a su vez son identificados por pruebas de progenie. La producción en masa de las GMT se hizo posible en 1994 después de la producción a gran escala de los machos YY.

Fishgen (17), manifiesta que esta tecnología, denominada la "tecnología de machos YY" fue desarrollada en la University Swansea y fue hasta en el 2001 que se continuo su investigación en Filipinas, como un programa de cría que combina la feminización y las pruebas de progenie para producir un novedoso tipo de machos con genotipos YY. Los

"supermachos" presentan dos cromosomas que determinan el sexo masculino en lugar de uno, como ocurre en el genotipo masculino que produce la naturaleza (XY). Dentro de la tecnología, los supermachos (YY) se cruzan con hembras normales (XX) para producir machos normales (XY).

2.12.4.1 La manipulación genética del sexo y la tecnología del macho YY.

Las investigaciones recientes se han centrado en la manipulación genética de la determinación de los mecanismos del sexo, como un medio de producir poblaciones monosexo (solo machos). Los estudios de investigación en tilapia han demostrado que la determinación del sexo es predominantemente monofactorial, similar a la de los seres humanos. En las dos especies de tilapia cultivadas más importantes (*O. niloticus* y *O. mossambicus*) la hembra tiene el genotipo homogamético XX, y el macho es heterogamético XY. Se ha demostrado que la combinación de un programa de cría-feminización hormonal y las pruebas de progenie, pueden dar como resultado la producción de machos genéticos AA, y estos a su vez dar progenies de todos o casi todos machos. (29)

2.13 Siembra.

2.13.1 Aclimatación de los alevines.

Según Martínez Contreras (26). La siembra de los alevines se hace siguiendo un procedimiento de aclimatación. El cual consiste en mantener las bolsas cerradas y flotando por espacio de 15 minutos con el fin de equilibrar temperaturas y así evitar estrés por choque térmico en los alevines.

Luego se abren las bolsas y se introduce agua del estanque lentamente en las bolsas hasta que los alevines vallan saliendo por sus propios medios distribuyéndose por toda el área de los encierros.

2.13.2 Precría.

Según Chimits (5). Esta fase comprende la crianza de alevines con pesos entre 1 a 5 gramos.

Generalmente, se realiza en estanques con área entre 350 y 800 m, con densidad de 100 a 150 peces por m, buen porcentaje de recambio de agua (del 10 al 15% día) y con aireación,

mientras que para esta misma fase pero sin aireación, se sugiere densidades de 50 a 60 peces por m. y recubrimiento total del estanque con malla antipájaros para controlar la depredación. Los alevines son alimentados con alimento balanceado conteniendo 45% de proteína, a razón de 10 a 15% de la biomasa distribuido entre 8 a 10 veces al día.

2.13.3 Levante.

Esta comprendido entre los 5 y 80 gramos. Generalmente se realiza en estanques de 450 a 1500 m, con densidad de 20 a 50 peces por m, buen porcentaje de recambio de agua (5 a 10% día) y recubrimiento total de malla para controlar la depredación.

Los peces son alimentados con alimento balanceado cuyo contenido en proteína es de 30 o 32%, dependiendo de la temperatura y el manejo de la explotación. Se debe suministrar la cantidad de alimento equivalente del 3% al 6% de la biomasa, distribuidos entre 4 y 6 raciones al día. (5)

2.13.4 Engorde.

Esta fase comprende la crianza de la tilapia desde entre los 80 gramos hasta el peso de cosecha. Generalmente se realiza en estanques de 1000 a 5000 mt, con densidades entre 1 a 30 peces por mt. en densidades mayores de 12 animales por mt., es necesario contar con sistemas de aireación o con alto porcentaje de recambio de agua (40 a 50%). En esta etapa, por el tamaño del animal, ya no es necesario el uso de sistemas de protección antipájaros. (5)

Los peces son alimentados con alimentos balanceados de 30 o 28% de contenido de proteína, dependiendo de la clase de cultivo (extensivo, semi-intensivo o intensivo), temperatura del agua y manejo de la explotación. Se sugiere suministrar entre el 1.2% y el 3% de la biomasa distribuida entre 2 y 4 dosis al día. (5)

2.14 Alimentación.

Mendizábal (27), menciona que el éxito de la actividad piscícola depende de la eficiencia en el cultivo, principalmente del manejo del alimento y técnicas de alimentación considerando la calidad y cantidad del alimento suministrado. La tilapia es omnívora y su requerimiento y tipo de alimento varían con la edad del pez. Durante la fase juvenil pueden alimentarse tanto de fitoplancton, zooplancton así como pequeños crustáceos.

2.14.1 Aspectos importantes sobre el alimento.

- El alimento representa entre el 50% y el 60% de los costos de producción.
- Un alimento mal manejado se convierte en el fertilizante más caro.
- Un programa inadecuado de alimentación disminuye la rentabilidad del negocio.
- Una producción semi-intensiva e intensiva depende directamente del alimento.
- El manejo de las cantidades y los tipos de alimento a suministrar deben ser controlados y evaluados periódicamente para evitar los costos excesivos. (27)

2.14.2 Formas de alimentar.

Las formas de alimentación dependen directamente del manejo, el tipo de explotación, la edad y los hábitos de la especie, entre las más comunes tenemos: (27)

2.14.2.1 Alimentación en un solo sitio.

Es una de las formas menos convenientes de alimentar por la acumulación de materia orgánica en un solo lugar y la dificultad para que coma toda la población de peces que constituyen el lote, lo que hace que gran parte del alimento sea consumido solamente por los más grandes y se incremente el porcentaje de peces pequeños. Este tipo de alimentación en un solo sitio, es altamente eficiente en sistemas intensivos (300 a 500 peces mt.). La alimentación en una sola orilla es un sistema adecuado para animales de 1 a 50 gramos, ya que no les exige una gran actividad de nado y permite realizar una alimentación homogénea y eficiente. (27)

2.14.2.2 Alimentación en "L".

Este sistema de alimentación es sugerido para animales de 50 a 100 gramos, el cual se realiza en dos orillas continuas del estanque. Lo más recomendable es alimentar en la orilla de salida (desagüe) y en uno de los dos lados, con el fin de sacar la mayor cantidad de heces en el momento de la alimentación. (27)

2.14.2.3 Alimentación periférica.

Se realiza por todas las orillas del estanque y se recomienda para peces mayores a 100 gramos, dado que por encima de este peso se acentúan los instintos territoriales de estos animales, en varios sitios del estanque. (27)

2.14.2.4 Alimentadores automáticos.

Existen muchos tipos de comederos automáticos, como el de péndulo, con timer horario (reloj automático), con bandejas, etc. Sin embargo, por su costo elevado se convierten en sistemas antieconómicos y sirven solamente en explotaciones donde se sobrepase la relación costo beneficio. (27)

2.14.3 Horas de alimentación.

Debido a que los niveles de secreciones digestivas y la acidez aumentan con el incremento de la temperatura en el tracto digestivo, los picos máximos de asimilación se obtienen cuando la temperatura ambiental alcanza los valores máximos. (27)

En cultivos extensivos a semi-intensivos no es recomendable agregar una cantidad de alimento cuyo tiempo de consumo y flotabilidad supere los 15 minutos, ya que esta misma abundancia tiende a que el animal coma en exceso y no asimile adecuadamente el alimento. En sistemas intensivos a súper-intensivos el alimento debe permanecer menos de 1 a 1.5 minutos. (27)

La transición de la dieta de los juveniles a la del adulto puede darse gradual o abrupta. La dieta natural de las tilapias adultas es omnívora, sin embargo varía según la especie. A continuación se presenta como referencia el tamaño de alimento balanceado que debe ser suministrado según el estadio del pez. (27)

Cuadro 3. Tamaño (en milímetros) del alimento balanceado a suministrarse de acuerdo al estadio del pez (en gramos). (27)

Estadio del pez	Tamaño del pellet recomendado (mm.).
Alevines	Polvo
De 0.50 gr. A 5.0 gr.	Quebrantado (0.50 a 1.0 mm.)
De 5.0 gr. A 15.0 gr.	1 x 1

De 15.0 gr. a 30.0 gr.	1½ x 1½
De 30.0 gr. a 80.0 gr.	2 x 2
De 80.0 gr. a 200 gr.	3 x 3
De 200 gr. a 500 gr.	4 x 4
De 500 gr. o mas	5 x 5

2.14.4 Algunos aspectos nutricionales de los alimentos.

Meyer y Mejía (28) mencionan que para la alimentación de los peces en su diferente estadio, se debe tener en cuenta el nivel de proteína con el que se obtiene el máximo crecimiento. Así mismo, a medida que avanza el cultivo, este nivel de proteínas que produce máximo crecimiento disminuye con el incremento del peso del pez. También se debe considerar que en la elaboración de alimentos balanceados para el cultivo intensivo de tilapia, el suplemento de proteína puede llegar a representar más del 50% del costo total del alimento. Por otro lado, también se debe tener en cuenta que el nivel de proteína en la dieta la cual produce máximo crecimiento se ve influenciada por múltiples factores como son:

- a. El contenido de energía en la dieta.
- b. El estado fisiológico del pez (edad, peso y madurez)
- c. Factores ambientales (temperatura del agua, salinidad y oxígeno disuelto).
- d. La calidad de la proteína (nivel y disponibilidad de aminoácidos esenciales).
- e. Tasa de alimentación. (28)

Cuadro 4. Requerimientos de proteína para tilapia (*O. niloticus*), según su peso.

Rango de peso (gramos)	Nivel óptimo de proteína
Larva a 0.5	40 a 45%
0.5 a 10	40 a 35%
10 a 30	30 a 35%
30 a 250	30 a 35%
250 a talla de mercado	25 a 30%

Los requerimientos del pez varían según el sistema de cultivo utilizado (extensivo, semi-intensivo e intensivo). Igualmente los requerimientos de aminoácidos esenciales para tilapia ya han sido determinados y se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 5. Requerimientos de aminoácidos esenciales para un óptimo desarrollo de la tilapia (*O. niloticus*).

Aminoácidos	% de la proteína en la dieta.
Arginina	4.2
Histidina	1.7
Idoleusina	3.1
Lisina	5.1
Leucina	3.4
Metionina	2.7
Fenilalanina	3.8
Treonina	3.8
Triptofano	1.0
Valina	2.8

Los lípidos en el alimento para tilapia tienen dos funciones principales:

- Como recurso de energía metabólica.
- Como recurso de ácidos grasos esenciales. (28)

Los lípidos constituyen el mayor recurso energético (hasta 2.25 veces más que la proteína), y esta muy ligado al nivel de proteína en la dieta. Así para niveles de 40% de proteína se recomienda niveles de grasa de 6 a 8%. Con 35% de proteína el nivel de grasa es de 4.5 a 6 % y con niveles de 25 a 30% de proteína se recomienda de 3-3.5% de grasa. (28)

Como fuente de ácidos grasos esenciales se recomienda para tilapia utilizar niveles de 0.5 a 1% de omega 3 y un 1% de omega 6. Las grasas requeridas para los peces son polinsaturadas, livianas y fácilmente asimilables. (28)

La relación proteína-grasa es crucial para cualquier dieta, un exceso de grasas en el alimento contamina el agua y un nivel insuficiente afecta el crecimiento.

Los carbohidratos son la fuente más barata de energía en la dieta; además de contribuir en la conformación física del pellett y su estabilidad en el agua. Los niveles de carbohidratos en la dieta de tilapia deben de estar alrededor del 40%.

La mayoría de las vitaminas no son sintetizadas por el pez, por lo tanto deben de ser suplidas en una dieta balanceada (Ver Tabla N° 6). Las vitaminas son importantes dentro de los factores de crecimiento, ya que catalizan todas las reacciones metabólicas. Los peces de aguas cálidas requieren entre 12 y 15 vitaminas en su dieta. (28)

El nivel de vitaminas utilizadas va a variar dependiendo del sistema de cultivo empleado. Una mezcla generalmente recomendada es la siguiente.

Cuadro 6. Cantidad de vitaminas necesarias en la dieta alimenticias de la tilapia (*O. niloticus*).

Vitamina	Nivel en la dieta
Tiamina	0.1 mg./kg.
Riboflavina	3.5 mg./kg.
Piridoxina	0.5 mg./kg.
Acido pantotenico	3 – 5 mg./kg.
Niacina	6 – 10 mg./kg.
Biotina	0 – 0.5 mg./kg.
Acido folico	0 – 0.5 mg./kg.
Cianocobalamina	0.01 mg./kg.
Inositol	300 mg./kg.
Calina	400 mg./kg.
Acido ascórbico	50 mg./kg.

Los minerales son importantes ya que afectan los procesos de osmorregulación (intercambio de sales) a nivel de las células. También influyen en la formación de huesos, escamas y dientes. Los requerimientos en minerales son:

Cuadro 7. Minerales y cantidades necesarios para la tilapia (*O. niloticus*).

Minerales	Requerimiento en dieta
Calcio	0
Fósforo	5 – 10 gr./kg.
Magnesio	0.5 – 0.7 gr./kg.
Potasio	2.0 gr./kg.
Hierro	30 mg./kg.
Manganeso	2.4 mg./kg.
Cobre	5.0 mg./kg.
Selenio	0.1 mg./kg.
romo	1.0 mg./kg.

Según Meyer y Mejía (28), el buen aprovechamiento del alimento dentro de una estación piscícola depende de varios aspectos:

- Líneas parentales utilizadas: buena calidad de semilla.
- Calidad del agua: la apetencia del pez es directamente proporcional a la calidad del agua.
- Palatabilidad del alimento: aceptación del alimento por parte del pez.
- Presentación del alimento: peletizado o extruido, alimento flotante o de hundimiento lento.
- Técnica de alimentación: manejo y forma de alimentar.
- Control de la temperatura: manejo de la temperatura dentro del cuerpo de agua.

2.14.5 Almacenamiento del alimento.

Meyer (29). Menciona que muchos de los problemas con el alimento se presentan por un mal sistema de almacenamiento. Los requerimientos básicos para un buen bodegaje de alimentos concentrados son:

- Protección de temperaturas altas y humedad: una bodega seca, libre de humedad, evita la oxidación de grasas y la proliferación de hongos y bacterias.
- Debe contar con pisos y paredes impermeables, con suficiente espacio para una ventilación óptima y buena iluminación, sin permitir la entrada directa de los rayos del sol.
- Protección contra insectos y roedores: los programas de fumigación y trampas para roedores evitan la contaminación del alimento.
- Rotación de inventarios: almacenajes por períodos cortos evitan la pérdida de nutrientes.
- Entre las consecuencias más importantes de un almacenamiento inadecuado están la proliferación de hongos, que se presentan con humedades superiores al 70% y se hace máxima a temperatura entre los 35°C y los 40°C.
- Los sacos de alimento deben almacenarse sobre estibas de madera o plástico, pero nunca en contacto directo con el piso. Entre estibas debe haber una distancia de por lo menos 50cm. La zona de almacenamiento debe mantenerse completamente limpia.

2.15 Medios de cultivo.

La tilapia puede ser cultivada en diferentes medios tales como: jaulas, raceways, tanques, estanques, lagunas, reservorios o represas, canales de regadío, etc., siendo los estanques el medio más común. Por lo general se le utiliza a este organismo para monocultivo, aunque también se ha utilizado en policultivo especialmente cuando la tilapia es la especie de importancia secundaria. (40)

2.15.1 Cultivo en jaulas.

El cultivo de tilapia se puede realizar en jaulas permitiendo una explotación intensiva de un cuerpo de agua. El cultivo intensivo de peces en jaulas de bajo volumen (1 a 4 mt.), altas densidades (200 a 500 peces o 200 Kg./mt.) en jaulas podría convertirse en el medio de expansión más importantes y simple en la producción de tilapia.

Se caracteriza por: evitar la reproducción, por lo que puede utilizar machos y hembras en el cultivo, se puede realizar varios tipos de cultivo en un mismo cuerpo de agua, intensifica la producción de peces, facilita el control de depredadores y reduce el costo de inversión inicial. (40)

El cultivo de tilapia en jaulas puede desarrollarse en canales, lagunas, esteros, etc. Las características del medio en donde se instalarán las jaulas van a depender de la intensificación del cultivo y el tipo de jaula a utilizar. En jaulas con un alto recambio (15-25 centímetros / segundo) se pueden lograr producciones de 80 a 100 Kg./mt y factores de conversión de 1,6 a 1,8 para peces de 700 - 800 gramos y crecimientos de 3 a 4 gramos / día. (40)

2.15.1.1 Desventajas del cultivo en jaulas.

Dentro de las desventajas del cultivo en jaula se encuentran:

- Difícil manejo cuando se presentan oleajes intensivos.
- Se requiere flujo constante de agua a través de las jaulas para la eliminación de metabolitos y para mantener niveles altos de alto nivel de oxígeno disuelto.
- Existe total dependencia de la alimentación artificial.
- Algunas veces se pueden presentar interferencias con la población natural de peces dentro del cuerpo de agua.
- Aumenta el riesgo de robo dentro de la producción.
- Requiere personal calificado para su manejo. (40)

2.15.1.2 Ventajas del cultivo en jaulas.

- La inversión inicial es baja debido a que la tecnología es relativamente económica y simple, es aplicable a la mayoría de cuerpos de agua con profundidades mayores a 2 metros.
- Es técnica y económicamente aplicable a cualquier escala.
- Incrementa la producción comparada con los cultivos convencionales como estanques de tierra.
- No requiere construcción
- reparaciones permanentes, dado que son fácilmente desmontables.

- Posibilita la combinación de diversas edades dentro de un mismo cuerpo de agua, suministrando a cada grupo de peces el alimento adecuado para su edad.
- Permite la aplicación de tratamientos terapéuticos a un grupo específico de peces.
- Facilita la observación y control de la población, la reproducción, los predadores y los competidores.
- Se reduce la manipulación y la mortalidad.
- Permite cosechar parcialmente de acuerdo con una programación.
- Las jaulas permiten una manipulación fácil de los peces, siembras a altas densidades, máxima utilización de los recursos de agua disponibles, retorno rápido del capital invertido y facilitar el inventario. (40)

2.15.2 Cultivo en estanques.

Para el cultivo de tilapia en estanques se deben tener en consideración ciertas características como tamaño, ubicación, drenaje, etc. de especial importancia es el tamaño del estanque ya que permite que el cultivo de tilapia se pueda llevar a cabo en diferentes grados de intensidad. A continuación se presentan una serie de ventajas en el cultivo que se logran de acuerdo al tamaño del estanque. (40)

2.15.2.1 Estanques pequeños.

- Más fácil y rápidos de cosechar.
- Pueden ser llenados y drenados más fácilmente.
- Se facilitan los tratamientos preventivos y curativos de enfermedades o parásitos.
- Control de de prelación mucho más fácil y eficiente.
- Menor susceptibilidad a la erosión por parte del viento.
- Se puede trabajar con densidades de siembra mayores porque su recambio es superior. (40)

2.15.2.2 Estanques grandes.

Menor costo de construcción por unidad de área.

Se encuentran más sujetos a la acción de los vientos, por lo tanto menos susceptibles a problemas de oxígeno. (40)

2.16 Sistemas de cultivo.

2.16.1 Cultivo extensivo.

Este tipo de cultivo se desarrolla por lo general con muy baja inversión, en donde se espera proporcionar a la población un alimento de bajo costo tampoco es importante la talla final del pez, en tanto alcance tamaño comercial; y mucho menos el tipo de alimento utilizado en su producción. En este sistema se utilizan densidades de 0,5 a 3,0 peces por metro cuadrado, dependiendo del tamaño del pez que se quiere comercializar se utilizan estanques de 1 - 5 hectáreas con poco recambio. (14)

Como una forma de contribuir en la alimentación del pez, se trata de favorecer el desarrollo de la productividad primaria utilizando fertilizantes orgánicos como excreta de aves, excreta de cerdos, excreta de vacuno, etc. En la actualidad se están utilizando subproductos agrícolas como alimento complementario, como por ejemplo afrecho (arroz), acemite de trigo, etc. La producción de este sistema suele ser de 4,000 10,000 Kg. /Ha / año, con factores de conversión de 1 - 1,4. (14)

2.16.2 Sistema semi-intensivo.

En este sistema de producción se utilizan estanques de 0,5 a 3 hectáreas con recambios de agua del 15 al 30% diario de todo el volumen del estanque y se utilizan aireadores dependiendo del grado de intensidad de siembra del sistema (se utilizan desde 2 HP a 12 HP por hectárea). Las densidades utilizadas son muy variables y se encuentran en el rango de 4 a 15 peces /m obteniendo una producción en el rango de 20 a 50 toneladas / hectárea / año con factores de conversión de 1,6 a 1,9 para peces de 700 gramos. (14)

En este sistema es muy importante el monitoreo de los niveles de amonio, pH, temperatura y el nivel de oxígeno disuelto.

Para la alimentación de los peces en este sistema se utiliza alimento paletizado o extrusado, con niveles de proteína desde 35 a 30% de proteína dependiendo de la fase de producción. (14)

2.16.3 Sistema intensivo.

En este sistema se utilizan estanques pequeños de 500 a 1000 metros cuadrados con alto recambio de agua (recambios de 250 a 600 litros / segundo). Las densidades de siembra de los peces se encuentran en el rango de 80 – 150 peces/metro cúbico, lo que equivale a cargas máximas de hasta 90 Kg./m. Para el éxito del cultivo bajo en este sistema es sumamente importante la cantidad y calidad del agua suministrada a los peces; así como el cuidado y atención que se le debe proporcionar al sistema. (14)

Para asegurar el inventario y la producción de peces se debe contar con grandes reservorios de agua, sistemas de bomba que permita reciclar el agua y la utilización de aireadores en los estanques. (14)

En el cultivo intensivo de tilapia el oxígeno disponible es de gran importancia.

Midiendo constantemente éste parámetro se puede ajustar las densidades, tasa de alimentación y reducir potenciales riesgos de mortalidad La concentración del oxígeno en la salida de los estanques debe ser mayor a 3,5 mg/litros para asegurar un buen desenvolvimiento fisiológico del pez a través de todos los procesos (natación, respiración, crecimiento, excreción, etc.) y mejor aprovechamiento de los nutrientes suministrados con el alimento balanceado. (14)

En este sistema se utilizan alimentos extrusados flotantes con niveles de proteína de 30 35% con alta calidad de molienda, porcentajes de finos menores a 1%, y tamaños variados dependiendo del tamaño del pez ver Cuadro 3 anterior donde se sugiere los tamaños de alimentos balanceado a suministrarse según el estadio del pez). (14)

La producción de sistema intensivo va a depender de la cantidad de agua disponible así como de sus características. En un sistema intensivo se pueden producir en un rango de 200 400 toneladas de pez por metro cúbico / año. (14)

2.17 Enfermedades de las tilapias.

2.17.1 Enfermedades bacterianas.

2.17.1.1 Estreptococosis.

La frecuente aparición de problemas patológicos asociados con la presencia de estreptococos en tilapias cultivadas en varios países de América del Norte, América del Sur y América Central está causando muchísima preocupación a nivel de los productores, por cuanto

uno de los estreptococos involucrados - *Streptococcus iniae* - actualmente representa un problema patológico emergente en la salud pública humana. (22)

En tilapias, la estreptococosis suele producir una enfermedad crónica caracterizada por la presencia de granulomas interesando 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. Las tilapias enfermas muestran en general signos clínicos semejantes a la SHB. (22)

La estreptococosis ha sido confirmada en poblaciones de tilapias y sus híbridos en países de América Central, América del Sur y el Caribe, con mortalidades de hasta un 50%, la misma que en ciertos casos acusa un curso crónico sin evidencia externa de signos clínicos. Hasta los momentos en Latinoamérica solo se ha registrado en tilapias cultivadas en agua dulce.

Según observaciones personales, al parecer *Oreochromis niloticus* es más resistente a la estreptococosis que *Oreochromis aureus*, así como la manifestación de los signos clínicos son algo diferentes.

La prevención de la estreptococosis se relaciona con un excelente manejo de las poblaciones ícticas, ambiente e higiene, incluye la remoción y destrucción de los ejemplares enfermos en los estanques. Es importante que cualquier alimento húmedo al cual se haya incorporado pescado molido o vísceras de pescado, sea precocido (pasteurizado) antes suministrado a los peces cultivados. El uso de antibióticos para el control de la estreptococosis se ha hecho difícil por la resistencia que han desarrollado las cepas, así como por cuanto los antibióticos no destruyen las células bacterianas almacenadas dentro de los macrófagos, lo que da lugar a la reaparición de la enfermedad una vez terminada la antibioticoterapia. Comercialmente se dispone de una vacuna la cual está siendo evaluada. (22)

2.17.1.2 Tuberculosis o micobacteriosis.

Si bien se han reportado importantes problemas asociados con micobacteriosis en la tilapiacultura en algunos países africanos, hasta el momento esta infección ha sido detectada en tilapias cultivadas en dos países de la Región de América Central y en Cuba en *O. aureus*,

basándose el diagnóstico en este último, en estudios histopatológicos de los peces afectados. (22)

En uno de los casos se ha aislado *Mycobacterium fortuitum*, considerado de potencial patogenicidad para el ser humano (por manejo de los ejemplares de tilapias infectadas).

Es importante señalar que *Mycobacterium chelonae*, *M. fortuitum* y *M. marinum*, los agentes etiológicos de la micobacteriosis en numerosas especies ícticas dulceacuícolas y marinas, han sido implicadas en infecciones en el ser humano (22).

Los peces afectados muestran pequeños granulomas focales en el hígado, bazo y riñón y se podría dar lugar a importantes pérdidas en tilapias alimentadas con pescado crudo y/o con vísceras de pescado contaminados.

El aislamiento in vitro de las micobacterias es factible en teoría, pero se requieren medios de cultivo especiales para ello y, en la práctica, los intentos de aislamiento no siempre son exitosos. (22)

2.17.1.3 La columnaris.

Es causada por una mixobacteria, *Flexibacter columnaris* (sinónimos: *Chondrococcus columnaris*, *Cytophaga columnaris*, *Flavobacterium columnare*) en aguas dulces, o *Flexibacter maritimus* en aguas saladas (a partir de 28 ‰), las cuales tienen una amplia distribución mundial en aguas continentales tropicales, sub-tropicales y templadas con un rango de temperatura que va desde 12.6°C hasta 30°C. *F. columnaris* es uno de los patógenos más comunes en operaciones de tilapiacultura. Epizootias de la *columnaris* en esas especies ícticas generalmente aparecen como una de las secuelas del estrés en los peces inducido por fluctuaciones en la temperaturas acuáticas y elevadas concentraciones de amoníaco. (22)

La enfermedad se caracteriza clínicamente por la presencia de áreas de erosión o lesiones necróticas poco profundas, de color blanquecino-grisáceo a blanquecino amarillento, localizadas a nivel de las aletas (“podredumbre de las aletas”), cabeza y/o cuerpo. Las branquias también son afectadas y muestran signos de palidez y necrosis Epizootias de la *columnaris* son especialmente importantes cuando la temperatura del agua es de 21°C o más, dando lugar a elevadas pérdidas en los peces afectados.

Los alevines en proceso de reversión sexual son los más afectados por esta enfermedad.

Las medidas de prevención y control de la columnaris incluyen mantenimiento de la calidad del agua, densidad poblacional indicada para la especie bajo cultivo y la correcta alimentación de los peces. El uso de nifurpirinol (NFP) y otros nitrofuranos ha sido muy exitoso en el tratamiento existiendo otros antibióticos que pueden ser utilizados. (22)

2.17.2 Enfermedades micóticas.

Shoemaker (43), menciona que como regla general, la dermatomicosis (*Saprolegnia* spp. u otros hongos ficomicetos afines) es considerada como una infección secundaria, la cual se relaciona con condiciones de higiene deficiente o de un mal manejo de los peces en la granja, o en el centro piscícola. Se ha observado que después de la captura y transferencia de un estanque a otro, hasta un 50% de las tilapias resultan afectadas por la dermatomicosis.

En los peces, la enfermedad se manifiesta por la presencia de lesiones de las aletas, boca y piel, las cuales son cubiertas por una masa de aspecto algodonoso y de un color blanquecino, blanquecino-grisáceo, o amarillento, que corresponde al micelio del hongo. La infección también se establece con gran frecuencia en los huevos muertos, de donde se extiende con facilidad a los huevos vivos, que se mueren por asfixia. La dermatomicosis frecuentemente va asociada con una infección bacteriana simultánea.

2.17.3 Enfermedades parasitarias.

Según Albert y Curtis (1), 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. Entre las principales parasitosis se encuentran:

2.17.3.1 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 y narinas, y 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. Es de interés señalar que las madres de *Oreochromis aureus* y *O. mossambicus* vacunadas con terontes vivos de *I. multifiliis* transmitían una inmunidad pasiva contra la ictioftiriasis a sus crías. (1)

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. (1)

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. constituyen 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. (1)

2.17.3.2 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 son 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 muestran señales de debilitamiento, las aletas están plegadas, hay opacidad en la piel, las branquias se presentan hiperplásicas con abundante producción de moco. (1)

Amyloodinium ocellatum (en aguas saladas), 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. Esta parasitosis es muy común en las tilapias cultivadas en aguas ecuatorianas causando mortalidades de hasta un 100% de los peces mantenidos en estanques. (1)

2.17.3.3 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. (1)

Neobenedenia melleni es de singular importancia para la tilapiacultura, ya que ha destruido poblaciones enteras de tilapias cultivadas para fines comerciales en aguas salobres y marinas en las Bahamas, Jamaica, Puerto Rico y otras áreas del Caribe y Centroamérica. Debe destacarse que las tilapias, por ser especies exóticas, no poseen resistencia alguna a este monogéneo, motivo por lo cual suelen morir rápidamente al establecerse la infección. (1)

La información disponible indica que el parásito puede ser controlado mediante la aplicación de baños en agua dulce (18 %o por 7 días consecutivos, repetir esto a los 3 meses de cultivo), o con sustancias químicas como el formol, permanganato de potasio u órganofosforados, pero estas medidas resultan excesivamente costosas, o de muy difícil manejo, a nivel de operaciones de tilapiacultura comercial. Cuando las tilapias se cultivan en jaulas flotantes, es factible evitar infecciones masivas al mover las jaulas para aguas más profundas. (1)

2.17.3.4 Digenéos.

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. (1)

2.18 Otros problemas patológicos.

De acuerdo con lo expuesto por Conroy, (8), Recientemente investigaciones realizadas en Venezuela, han demostrado que la aflatoxicosis es un problema de mucha significancia potencial en operaciones comerciales de tilapiacultura. La condición es debida a la utilización de alimentos paletizados contaminados con hongos productores de aflatoxinas.

Los peces afectados presentaron variación en el crecimiento, junto con varios tipos de cambios macroscópicos y microscópicos asociados con la presencia de aflatoxinas. Este es un problema que debería ser tomado en cuenta, tanto por los fabricantes de alimentos como por los productores de tilapias, a fin de garantizar alimentos libres de aflatoxinas en el producto que se ofrece para su consumo en el mercado. (8)

2.19 Estudios realizados.

2.19.1 Determinación del crecimiento de hembras y machos de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en el Jardín Zoológico de la Habana, Cuba.

Ochotorena y Bayuelo (36) en 2002 condujeron una investigación para evaluar el desarrollo de hembras y machos de tilapia del nilo (*Oreochromis niloticus*). Se colectaron tilapias hembras y machos mensualmente durante un año en el Jardín Zoológico de La Habana. Los ejemplares se midieron y pesaron. En total fueron procesados 52 machos y 63 hembras de *O. niloticus*. Se determinó la longitud total (LT) y el peso total (PT) sin eviscerar. Los peces fueron sexados y se consignó el estado macroscópico de las gónadas femeninas y masculinas. Se determinó la longitud total de acuerdo al criterio de Laevastu (31) en 1971, medida desde la sínfisis mandibular hasta el extremo distal del radio más largo de la aleta caudal, empleándose para ello una regla de 30 cm. de longitud. Los datos numéricos obtenidos se introdujeron en una hoja Excel y se procesaron mediante el programa STATISTICA versión sobre 6.0 Statsoft, (2001) (44).

A todas las variables consignadas de machos y hembras: talla, peso corporal, peso de los ovarios y testículos se le comprobó la normalidad de los datos y la homogeneidad de la varianza.

Se realizó un ANOVA de clasificación simple, la prueba Kruskal Wallis, la de U-Mann-Whitney, T de Student y de Student Newman Keulus (SNK), cuando correspondía. También se realizó la correlación de Pearson para relacionar las variables (talla, peso corporal y peso de las gónadas) en machos y hembras.

En la Tabla se muestran los valores promedios y extremos de la talla, el peso corporal y de las gónadas de los machos y hembras de la población estudiada. El menor macho de *O. niloticus* midió 11.91 cm. y mostraba características reproductivas de adulto; la hembra menor, midió sólo 11.0 cm. y tenía los ovarios con ovocitos en inicio de la vitelogénesis.

Cuadro 8. Estadística descriptiva morfológica de machos y hembras de *Oreochromis niloticus* (N= Numero de individuos, X= Media General, DE= Desviación Estándar)

Variables	N		X		DE		Valor min.		Valor máx.	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
Talla (cm.)	52	63	19.2	19.4	5.3	4.7	11.9	11.0	31.50	29.1
Peso (gr.)	52	63	170.2	160.1	142.2	98.3	27.6	27.6	600.0	450.0
Peso Gon. (gr.)	52	63	1.08	2.2	0.94	1.4	0.10	0.2	3.41	7.0

2.19.2 Comparación técnica y económica del cultivo de tilapia gris (*oreochromis niloticus*) utilizando machos reversados y machos no reversados en estanques de tierra.

Pineda y colaboradores (38) en 2007 condujeron una investigación para evaluar técnica y económicamente la tilapia gris (*oreochromis niloticus*), utilizando machos reversados y machos sexados manualmente en estanques de tierra. El experimento consto de dos tratamientos: T1: Tilapia gris machos reversados y T2: Tilapia gris machos no reversados. El diseño estadístico que se utilizó para la investigación fue completamente al azar con dos tratamientos y 8 repeticiones. El experimento se realizó en dos estantes de tierra con un área de 400 mt² c/u, utilizando una densidad de siembra de 2 tilapias/mt². Cada tratamiento estuvo

constituido de 800 peces de los cuales se muestreo el 10% (80 peces); cada unidad experimental estuvo constituida por 10 peces, tomados al azar. Los muestreos se realizaron cada 14 días, para determinar la ración alimenticia y registrar los distintos datos requeridos para el estudio de las variables de esta investigación. El mejor tratamiento fue T1 (tilapia reversado) que alcanzó 174.14 gr. /pez por lo cual ofreció diferencias significativas ante el tratamiento de tilapia macho no reversado que alcanzó 85.50 gr/pez. Lo mismo sucedió con el tamaño (longitud en cm.) ya que la tilapia macho reversado alcanzó una longitud y 25.20 cm./pez siendo estadísticamente mejor que la tilapia macho no reversado, quien tuvo una longitud de 22.88 cm./pez.

La conversión alimenticia de la tilapia macho reversado fue de 1.65gr. y de la tilapia macho no reversado fue de 1.11gr.; sin embargo el tratamiento que ofreció mayor rentabilidad fue la tilapia macho reversado con 2.02% ante la tilapia macho no reversado que ofreció una rentabilidad de 1.88%.

Cuadro 9. Peso obtenido (gr.), de las ocho mediciones cada 14 días.

Tratamiento	1	2	3	4	5	6	7	8
T1: Reversado	8.7	13.6	24	49.1	111.8	123.2	174.1	207.2
T2: No Reversado	7.10	11.3	15.6	33.5	58.6	66.1	85.2	139.2

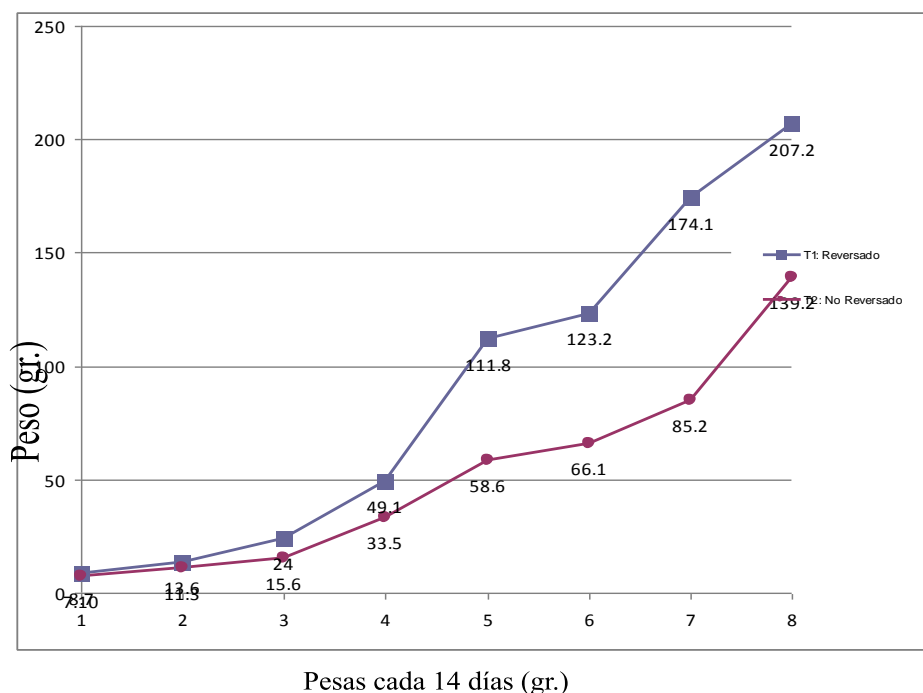


Fig. 1 Tendencias de ganancia de peso (gr.) de los tratamientos en el experimento.

2.19.3 Aplicación de técnicas de genética para la producción de tilapia (*Oreochromis niloticus*) monosexo (masculino) en acuicultura, experiencias temprana de Filipinas.

Un total de 31 ensayos se establecieron en las parcelas de la finca en Filipinas, en donde abarcan una amplia gama de sistemas de cultivo como los estanques, jaulas y tanques, con una gestión que van desde extensiva (densidad de población baja y complementarios sin alimentación), hasta intensivas (altas densidades de siembra y suministro de alimento concentrado). Las granjas que tienen por lo menos dos unidades idénticas fueron seleccionadas cerca de los agricultores en donde criaron tilapias MST (tratamiento control) en una unidad y GMT en la otra.

Los peces control (también *O. niloticus*) fueron los que el acuicultor normalmente creció, con diez agricultores cada vez mayor MST y nueve SRT (en una granja había tanto MST y SRT). Controles y GMT fueron agrupadas por tamaño y edad y ambientada en la granja antes del juicio.

Los ensayos se realizaron a ciegas y el agricultor aplicó sus procedimientos normales de gestión, la pesca y recolección en el momento de su elección. Trece ensayos fueron

invalidados, debido principalmente a la pérdida de peces en los tifones. Los resultados de los 18 ensayos que se completaron con éxito se muestran en el cuadro 10.

GMT fue superior a los dos MST y SRT en todas las características de la cosecha. En términos generales, crecieron a un tamaño más grande, tuvieron una mayor supervivencia, fueron más uniformes en tamaño, tuvieron una menor eficiencia de conversión alimenticia y la producción más alta los rendimientos.

Cuadro 10. Los valores comparativos de las ocho variables de la cosecha de 18 ensayos en la finca de GMT vs MST o SRT en todos los ambientes de cultivo. Las diferencias entre GMT y controles se expresan en porcentaje del valor de control

Parámetros	GMT vs MST	GMT vs SRT
Medida de peso de la cosecha	25,7 (± 9.1)	20.3 (± 9.6)
% de supervivencia	11.9 (± 5.5)	9.6 (± 5.2)
Proporción de sexo masculino	57.7 (± 12.3)	34.9 (± 15.2)
CV de peso	-9,56 (± 7.0)	-14,4 (± 3.0)
Ratio de conversión alimenticia (FCR)	-14.61 (± 4.5)	-7,38 (± 5.0)
Rendimiento	36,9 (± 7.1)	29.1 (± 5.3)
Retorno neto	494 (± 241.5)	170.4 (± 60.1)

2.19.4 El crecimiento comparativo de Tilapia reversada y ambos sexos en agua dulce del sistema de cultivo en jaulas en la India.

Con el objetivo de comparar el potencial de crecimiento de tilapia revertida (tratada con andrógenos) y tilapia con ambos sexos, en jaulas flotantes; Suman Chakraborty condujo un experimento en el Departamento de Zoología, Facultad Serampore, Hooghly, Bengala Occidental, India; el cual consiste en comparar el nivel de crecimiento de dos grupos experimentales que consiste de peces mixtos (de control) y peces tratada con hormonas.

El tratamiento de tilapia reversada creció significativamente más grande que su contraparte (sexo mixto). La población monosexo mostró una significativa ganancia de peso, longitud y profundidad corporal. Así el cultivo de tilapia tratado con hormonas puede ser considerada

ideal para la producción masiva en la India. Las tilapias reversadas crecieron dos veces más que las tilapias con sexo mixto.

El crecimiento final al término de seis meses que fue la duración del experimento, mostró que la población monosexo fue mejor estadísticamente que el grupo con ambos sexos (valor de $p < 0,01$). Por otra parte, las hembras de control mostraron un valor significativamente menor en comparación con la longitud de los machos (valor de $P (P < 0,05)$), pero, de profundidad, no hubo diferencias significativas entre los sexos en el patrón de crecimiento.

Las mayores tasas de crecimiento de los machos en comparación con el control (hembras y machos), podría ser debido a que el aumento de la energía se canaliza hacia el mantenimiento del metabolismo y considerable crecimiento somático en machos, mientras que las hembras, el uso de energía es más considerable para el desove (Tran Duy-et al 2008).

Cuadro 11. El crecimiento de resultados comparativos de hembras y machos de tilapia de control establecidos en la cultura sistema de jaulas

Categoría	Parámetros de crecimiento		
	Peso (gr.)	Longitud (cm.)	Profundidad (cm.)
Masculinizados	77.1 ± 0.07	8.76 ± 0.07	6.4 ± 0.05
Sexo mixto	65.4 ± 0.08	13.46 ± 0.05	6.2 ± 0.02

3. MATERIALES Y METODOS.

3.1 Generalidades de la investigación.

3.1.2 Ubicación del área de trabajo.

El trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de la Asociación de Productores Acuícola de Oriente (APAO de RL.), localizada en el cantón El Platanar, Jurisdicción de Moncagua, departamento de San Miguel, Ubicado a 12 Km. al norte de la ciudad de Moncagua, a una altura de 162 m.s.n.m., cuyas coordenadas son 13° 31.14' latitud norte, 88° 15' longitud oeste.

3.1.3 Duración del estudio.

El proyecto se ejecutó en 10 meses (6 meses constituyeron la fase de campo y 4 el análisis de datos) iniciando en Enero de 2010 y finalizando en Octubre del mismo año. La Asociación cuenta con un total de 8 estanques de concreto, y los requerimientos para su buen funcionamiento. Para ejecutar este estudio se hizo uso de 2 estanques en la etapa de pre-cría, cría-engorde y engorde-finalización.

3.1.4 Factores en estudio.

En el ensayo se midió un solo factor: El rendimiento de dos líneas de tilapia monosexo (machos), comprendidos en dos tratamientos, tilapias supermacho y tilapia reversada, T1 y T2 respectivamente.

3.1.5 Variables.

Las variables en estudio fueron: peso (gr.), longitud (cm.) y ganancia diaria de peso (gr.)

3.3 Diseño Experimental.

Este estudio consiste de una investigación experimental en campo que se llevó a cabo entre los meses de Enero y Octubre de 2010. Se midió parámetros de crecimiento longitudinal y peso de peces. En la fase de campo se utilizaron un total de 8,357 tilapias nilóticas (*Oreochromis niloticus*) (T1: tilapia supermacho 4,066 y T2: tilapia reversada 4,291), las cuales fueron sembradas en dos estanques de concreto a una densidad de 50 peces/m³.

Los resultados del experimento se analizaron mediante un análisis de varianza; el diseño estadístico utilizado fue, comparación de medias para dos grupos, utilizando la prueba de distribución de “t” Student.

Con la expresión estadística siguiente:

- Prueba de “t”:

$$t = \frac{X_i - X_j}{S_{X_i - X_j}}$$

$$S_{X_i - X_j}$$

En este ensayo bajo la prueba de “t” debemos establecer una hipótesis que nos permita despejar la duda sobre el supuesto de homogeneidad.

$H_0 = S_i^2 = S_j^2$ (Varianzas homogéneas) ambas especies se comportan de igual manera.

$H_a = S_i^2 \neq S_j^2$ (Varianza heterogéneas) una de las especies es mejor.

La regla de decisión para la hipótesis es:

Si $F_c > F_t$ rechazamos H_0 (varianzas heterogéneas)

Si $F_c < F_t$ rechazamos H_a . (varianzas homogéneas)

3.2.1 Unidades experimentales.

Se utilizaron 10 peces por observación, haciendo un total de 10 repeticiones por tratamiento.

3.3 Metodología experimental.

3.3.1 Limpieza de los estanques.

Se vaciaron por completo los estanques y se dejaron expuestos al sol por un periodo de 3 días con el propósito de controlar de forma natural bacterias, hongos, algas y peces nativos indeseables.

3.3.2 Medición de los estanques.

Se procedió a medir los estanques tomando la profundidad, el largo y ancho de estos, ambos poseen forma rectangular, pero difieren en área útil por estructuras de soporte en su interior. El primer estanque que fue utilizado para T1: tilapia supermacho, tenía 81.32 m², el

segundo, que fue utilizado para T2: tilapia reversada, tenía 85.81 m², ambos estanques poseen una altura de 2 mt, utilizando para el ensayo una profundidad efectiva de 1 mt. (81.32 y 85.81 m³ de agua respectivamente).

3.4 Siembra de los alevines.

Horas antes de llegar con los alevines a las instalaciones se procedió a llenar los estanques; al momento de llevar los alevines se colocaron las bolsas que los contenían dentro de los estanques con el propósito de aclimatarlos al lugar, después de veinte minutos, se abrieron las bolsas y fueron saliendo a voluntad.

3.5 Alimentación proporcionada por tratamiento.

Después de cada medición se procedió a calcular la biomasa total por cada estanque con ello se calculaba la ración alimenticia para la próxima catorcena en base a la tabla de alimentación proporcionada por la empresa ALIANSA. (Ver cuadro A-41)

3.5.1 Alimentación del Supermacho:

- a) **Fase de pre-cría:** Los alevines de tilapia supermacho fueron recibidos de 26 días de vida, a partir de ese momento fueron alimentados con concentrado LA GRANJA 45% de proteína, hasta alcanzar los 79 días de vida. La ración diaria se calculaba en base al peso vivo de los alevines, el alimento se humedecido hasta formar una pasta, la cual era dividida en cinco sub-rationes que posteriormente se colocaban en comederos plásticos sumergidos a 30 cm. en el agua.

- b) **Fase de cría-engorde:** Al iniciar esta fase se realizó un traslape de tres días, con el propósito de disminuir el estrés por el cambio de alimento. El primer día se proporcionó un 75% de concentrado LA GRANJA 45% de proteína y 25% de concentrado FONTANA 38% de proteína, el segundo día se proporcionó 50% de concentrado LA GRANJA 45% de proteína y 50% de concentrado FONTANA 38% de proteína, el tercer día se proporcionó 25% de concentrado LA GRANJA 45% de proteína y 75% de concentrado FONTANA 38% de proteína. El concentrado FONTANA 38% de proteína, fue utilizado hasta el día 121 y al igual que la primera

fase, la porción diaria se dividía en cinco sub-rationes que eran proporcionadas a intervalos de dos horas cada una: la primera a las 8:00 A.M., 10:00 A.M., 12:00 P.M., 2:00 P.M. y 4:00 P.M. La modalidad de proporcionar el alimento en el estanque fue al contorno, de manera que todos los peces pudieran acceder a él.

- c) **Fase engorde-finalización:** En esta fase se realizó otro traslape, con el mismo propósito y haciendo uso de la misma metodología, esta fase estuvo comprendida del día 122, hasta el día 164, donde concluyó el ensayo, el alimento proporcionado fue FONTANA 32% de proteína.

3.5.2 Alimentación del Reversado:

- a) **Fase de pre-cría:** Los alevines de tilapia reversados fueron recibidos de 44 días de vida, a partir de ese momento fueron alimentados con concentrado LA GRANJA 45% de proteína, hasta alcanzar los 79 días. La ración diaria se calculaba en base al peso vivo de los alevines, el alimento era humedecido hasta formar una pasta, la cual era dividida en cinco sub-rationes que posteriormente se colocaban en comederos plásticos sumergidos a 30 cm. en el agua.
- b) **Fase de cría-engorde:** Al igual que T1, en esta fase también se realizó un traslape de tres días, con el propósito de disminuir el estrés por el cambio de alimento. El concentrado FONTANA 38% de proteína, fue utilizado hasta el día 121 y al igual que la primera fase, la porción diaria se dividía en cinco sub-rationes que eran proporcionadas a intervalos de dos horas cada una. La modalidad de proporcionar el alimento en el estanque fue al contorno, de manera que todos los peces pudieran acceder a él.
- c) **Fase engorde-finalización:** En esta fase nuevamente se realizó un traslape con el mismo propósito y haciendo uso de la misma metodología, esta fase estuvo comprendida del día 122, hasta el día 164, donde concluyó el ensayo, el alimento proporcionado fue FONTANA 32% de proteína.

3.6 Metodología de muestreo en campo.

En cada muestreo se llevaron a cabo los siguientes pasos:

1. Llenado de baldes con agua, en donde se colectarían los peces.
2. Disminución del nivel de agua de los estanques para facilitar las capturas.
3. Pesca de 100 individuos de la población de peces en cada estanque.
4. Pesaje y medición de longitud de los peces.
5. Devolución de los peces al estanque.

El muestreo se iniciaba a las cinco de la mañana y finalizaba a las ocho de la mañana, con el propósito de evitar mortalidad por estrés por altas temperaturas del día.

3.6.1 Muestras.

Desde el inicio hasta el final del ensayo se hicieron muestreos catorcenalmente en cada tratamiento para determinar el peso (gr.) y crecimiento de los peces (cm.). Eran atrapados al azar y de cada atarrayazo se tomaban 10 individuos y eran colocados en cubetas, hasta coleccionar 100 peces por tratamiento.

Con base en los resultados de biomasa total, por cada tratamiento y con la ayuda de la tabla de alimentación proporcionada por la empresa ALIANSA SA de CV (Ver cuadro A-41), se hicieron los ajustes necesarios para la alimentación diaria.

3.7 Compensación de edades.

La fase experimental de nuestra investigación dio inicio el diecinueve de Enero del 2010, donde había una diferencia de 18 días entre ambos tratamientos (T1: 26 días de vida y T2: reversado 44 días de vida), para poder comparar ambos tratamientos fue necesario compensar los 18 días que el T2 (reversado) era mayor que T1 (supermacho), el T2 fue pesado a los 51 días de vida, los muestreos los realizábamos cada 14 días, de esta manera para la próxima catorcena el T1 tendría 54 días de vida, aun así había una diferencia de tres días, entonces sacábamos la ganancia diaria de peso y la multiplicábamos por 3, para posteriormente restárselo al supermacho y poder compararlos así a ambos tratamientos a los 52 días. Este procedimiento fue autorizado por nuestro docente director el cual siguió de cerca la investigación y sugirió que para poder manejar homogéneamente el experimento era necesario hacer algunas modificaciones para poder comparar ambos tratamientos.

3.8 Toma de datos.

3.8.1 Peso de los peces (gr.).

Los peces fueron pesados (PT) sin eviscerar, utilizando una balanza analítica con precisión de 0.01 g. Esta variable se obtuvo cada 14 días, después de sembrados los peces; iniciando el 19 de enero en el caso del reversado y finalizando el 23 de mayo; para el caso del supermacho se inicio la pesa el 2 de febrero y finalizando el 1 de junio, siendo colocados uno a uno en la balanza para ser pesados; el tamaño de la muestra fue de 10 peces por unidad experimental con un total de 100 unidades experimentales.

3.8.2 Medición de longitud de los peces (cm.).

Se determinó la longitud total (LT) de acuerdo al criterio de Laevastu (32), medida desde la sínfisis mandibular hasta el extremo distal del radio más largo de la aleta caudal, empleándose para ello una regla de 30 cm. de longitud. Al igual que el peso esta variable se media cada 14 días.

3.9 Porcentaje de mortalidad en los tratamientos.

Para el tratamiento T1 fue de 6% y para el tratamiento 2 de 7.3%

3.10 Análisis económico.

Se realizó un análisis económico para calcular el costo de producir un kilogramo de tilapia en cada uno de los tratamientos. Se estimó la producción de peces, consumo de alimento y costo de alimento. Con estos datos se evaluó el costo de producción por kg. de pez vivo en cada tratamiento

3.11 Mantenimiento de los estanques.

Regularmente se hicieron remociones de algas y plantas acuáticas en el canal de alimentación, mantenimiento de mallas utilizadas como filtro para peces nativos en el canal de alimentación, limpieza y dragado del canal de salida de agua. Además personal de la asociación mantenía una vigilancia semi-permanente para evitar que aves u otros depredadores ingresaran a los estanques.

Los recambios de agua se realizaban diariamente, en su totalidad.

3.12 Materiales.

3.12.1 Alevines supermacho: fueron adquiridos en la empresa Tilapia Industrial SA de CV, con 26 días de edad. La cantidad de alevines adquiridos para el experimento fue de 4,066 más 5% de mortalidad.

3.12.2 Alevines reversados: fueron donados por la empresa ACUACORPORACION SA de CV, con 44 días de edad, la cantidad de alevines a utilizar para el experimento fue de 4,291 más 5% de mortalidad.

3.13 Equipo.

El equipo utilizado para el manejo de la investigación fue el siguiente:

- Balanza analítica.
- Regla plásticas de 30 centímetros.
- 2 Atarrayas de tres yardas.
- Bolsas plásticas transparentes de 10 libras.
- Bolsas herméticas "Ziploc"
- Balanza de reloj con capacidad de 12 libras.
- 1 mesa de metal de 1 m².
- 2 sillas de metal.
- Pesa en gramos.
- Medidor de oxígeno disuelto modelo DO5510HA.
- 10 baldes plásticos con capacidad para 5 galones c/u.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1 Crecimiento de los peces.

4.1.2 Peso vivo (gr.).

Para la medición de la variable peso vivo, se pesaron los peces de ambos tratamientos cada 14 días, se efectuaron nueve mediciones durante todo el experimento (52, 66, 80, 94, 108, 122, 136, 150 y 164 días después de nacidos). Para cada una de las mediciones se colectaron 100 peces por tratamiento (10 observaciones constituidas de 10 peces cada una; de los cuales se obtenía una media aritmética, estos fueron pesados (gr.) y medidos (cm.)).

Al efectuar “t” Student para cada una de la toma de peso se observó lo siguiente:

j) Peso vivo (gr.) a los 52 días de nacidos.

Al efectuar la prueba de “t” Student (cuadro A-1) y análisis de varianza (cuadro A-2) para la primera toma de peso a los 52 días de nacidos, estos demostraron diferencias significativas ($P < 0.01$) entre tratamientos, donde T1 (4.6106 gr.) fue superior a T2 (1.9105 gr.). Observándose estos resultados en el cuadro 12 y figura 2.

Cuadro 12. Datos promedio de peso de los peces en gramos, a partir de los 52 días de nacidos hasta los 164 días de nacidos.

OBSERVACION	T1 (SUPERMACHO)	T2 (REVERSADO)
52 días	4.61^a	1.91b
66 días	14.28^a	9.85b
80 días	38.73^a	23.87b
94 días	66.77^a	64.24a
108 días	98.36b	118.49a
122 días	128.2b	182.23a
136 días	168.2b	241.71a
150 días	201.74b	304.03a
164 días	244.22b	361.22a

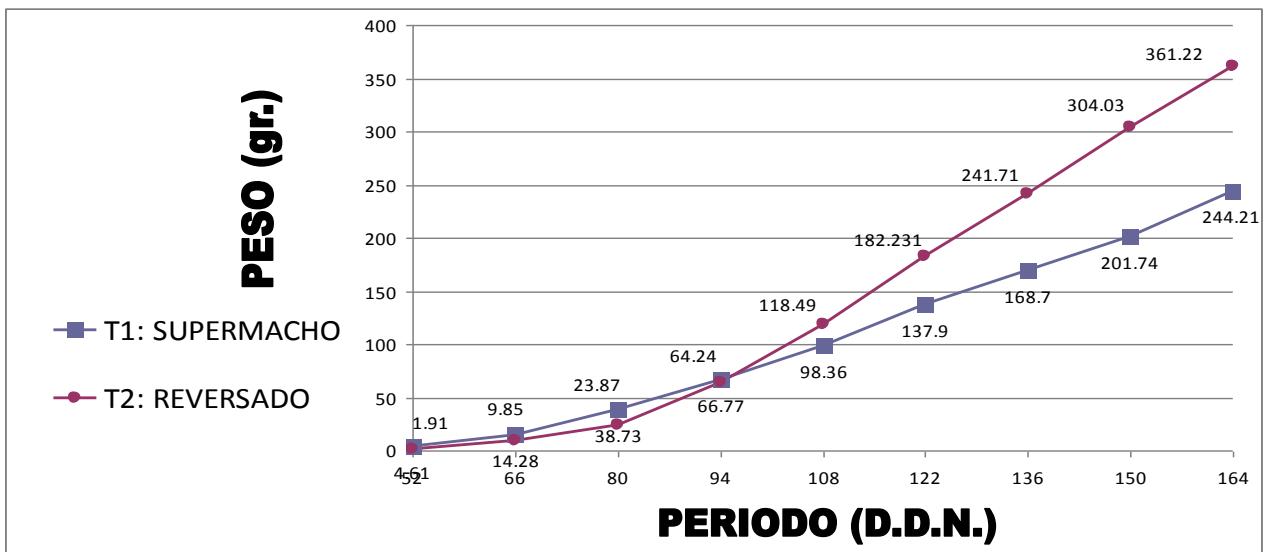


Fig. 2. Promedio de peso en gramos a partir de los 52 días de nacidos, hasta 164 días después de nacidos, de tilapia masculinizada genéticamente (Supermacho) y tilapia con cambio hormonal de sexo (Reversado).

k) Peso vivo (gr.) a los 66 días de nacidos.

Para la segunda toma de peso a los 66 días después de nacido, estos demostraron diferencias significativas ($P < 0.01$) entre tratamientos, al efectuar la prueba de “t” Student (cuadro A- 3) y análisis de varianza (cuadro A-4), donde T1 (14.28) fue superior al T2 (9.85 gr.). Observándose estos resultados en el cuadro 12 y figura 2.

l) Peso vivo (gr.) a los 80 días de nacidos.

Al efectuar la tercera toma de peso a los 80 días después de nacidos, la prueba de “t” Student (cuadro A-5) y análisis de varianza (cuadro A-6), estas demostraron diferencias significativas ($P < 0.01$) entre tratamientos, donde T1 (38.73 gr) fue superior al T2 (23.83 gr). Se pueden observar estos resultados en el cuadro 12 y figura 2.

m) Peso vivo (gr.) a los 94 días de nacidos.

Los datos recopilados para la cuarta toma de peso a los 94 días después de nacidos, no demostraron diferencias significativas. Al efectuar la prueba de “t” Student (cuadro A-7) al igual que el análisis de varianza (cuadro A-8), donde T1 (66.77 gr.) fue similar al T2 (64.24 gr.). Estos resultados se presentan en el cuadro 12 y figura 2.

n) Peso vivo (gr.) a los 108 días de nacidos.

Los datos recopilados para la quinta medición (108 días de nacidos) demostraron diferencias significativas solo al 95% entre tratamientos. Al efectuar la prueba de de “t” Student (cuadro A-9) y análisis de varianza (cuadro A-10), donde T1 (98.36 gr.) fue superado por T2 (118.49 gr.). Observándose estos resultados en el cuadro 12 y figura 2.

o) Peso vivo (gr.) a los 122 días de nacidos.

Después de realizar la prueba de “t” Student (cuadro A-11) y análisis de varianza (cuadro A-12), para la sexta medición de peso a los 122 días después de nacidos, estas demostraron diferencias significativas ($P < 0.01$) entre tratamientos, donde T1 (137.99 gr.) fue inferior al T2 (182.23 gr.). Observándose estos resultados en el cuadro 12 y figura 2.

p) Peso vivo (gr.) a los 136 días de nacidos.

Al efectuar la prueba de “t” Student (cuadro A-13) y análisis de varianza (cuadro A-14), para la séptima toma de peso a los 136 días después de nacidos, estas demostraron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre tratamientos, donde T2 (241.71 gr.) fue superior al T1 (168.7 gr.). Observándose estos resultados en el cuadro 12 y figura 2.

q) Peso vivo (gr.) a los 150 días de nacidos.

Al efectuar la prueba de “t” Student (cuadro A-15) y análisis de varianza (cuadro A-16), para la octava toma de peso a los 150 días después de nacidos, estas demostraron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre tratamientos, donde T2 (304.03 gr.) fue superior al T1 (201.74 gr.). Observándose estos resultados en el cuadro 12 y figura 2.

r) Peso vivo (gr.) a los 164 días de nacidos.

Al efectuar la prueba de “t” Student (cuadro A-17) y análisis de varianza (cuadro A-18), para la novena y ultima toma de peso a los 164 días después de nacidos, estas demostraron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre tratamientos, donde T2 (361.22 gr.) fue superior al T1 (244.21 gr.). Observándose estos resultados en el cuadro 12 y figura 2.

Al comparar la primera medición de peso vivo a los 52 días de nacidos, es clara la superioridad del T1 (supermacho 4. 61 gr.) sobre T2 (reversado 1.91 gr.), esto debido a que se nos aseguró por la empresa alevinera (Tilapia Industrial S.A. de C.V.) que el Supermacho (T1)

había sido alimentado desde su nacimiento con concentrado La Granja 45% de proteína, mientras que el Reversado (T2) había sido alimentado con concentrado Fontana 38% de proteína, (las dos líneas de tilapia utilizadas en el experimento no provenían de la misma alevinera).

Esta situación es respaldada por Chimits (5) quien manifiesta que en los primeros estadios de la tilapia, los alevines deben ser alimentados con balanceado conteniendo 45% de proteína, a razón de 10 a 15% de la biomasa, distribuida entre 5 a 8 veces al día.

También Meyer y Mejía (28), mencionan que para la alimentación de los peces en sus diferentes etapas, se debe tener en cuenta el nivel de proteína con el que se obtiene el máximo crecimiento. Así mismo, a medida que avanza el cultivo, este nivel de proteínas que produce máximo crecimiento disminuye con el incremento del peso del pez.

Meyer (29), también menciona que los resultados de sus investigaciones en Zamorano (Honduras), indican que la tilapia logra su mejor tasa de crecimiento con niveles de proteína cruda en la dieta entre 25 a 50%.

El comportamiento de los peces en ambos tratamientos fue similar para la medición realizada a los 66 y 80 días de nacidos, aunque la diferencia entre ambos tratamientos ya no era tan grande como se venía percibiendo.

A los 94 días de nacidos, la diferencia estadística entre ambos tratamientos fue no significativa, esto puede atribuirse al efecto que tubo el aumento de proteína en la alimentación del T2 (reversado) durante las primeras fases del experimento (de 38% > 45% de proteína), lo cual es amparado por Delgado (11), quien manifiesta que; una vez que los peces reciben alimento balanceado, pueden recuperar su tasa de crecimiento normal; situación que pudieron experimentar los peces del T2 (reversado).

Para el muestreo realizado a los 108 días de nacidos, el comportamiento de los tratamientos fue totalmente diferente a lo que se venía percibiendo, ya que el T2 (Reversado) comenzaba a despuntar con ganancias de peso sorprendentes comparado al T1 (Supermacho), logrando una ganancia de 54.25 gr. en 14 días (3.9 gr/pez/día), superando al T1 (Supermacho), el cual obtuvo 31.59 gr. (2.26 g./pez/día) en el mismo periodo. Las causas atribuibles a este resultado son las siguientes: A) El cambio de proteína en la formula alimenticia, ya que hasta el día de recibir los alevines reversados habían sido alimentados con concentrado conteniendo 38% de proteína la cual fue aumentada a 45% (7% mas). B) Otro factor que también influyó en dicho

comportamiento fue que en la pesa anterior se suspendió la modalidad de muestreo cada 8 días, esto debido al estrés que esto conllevaba a los peces, los cuales dejaban de alimentarse hasta por dos días después del muestreo, se mostraban mas nerviosos de lo usual y en algunas oportunidades hubo mortalidad; impidiendo de esta manera un optimo desarrollo corporal. Esta hipótesis es amparada por Mc Cormick (24), el cual afirma que si bien la intensidad del estrés no puede ser medida, son las respuestas al estímulo las que se determinan cuantitativamente cuando van más allá de la tolerancia, ocasionando la muerte o en casos menos severos, afectando el crecimiento.

A partir de la pesa 6 (122 días de nacidos), hasta la pesa 9 (164 días de nacidos), la diferencia entre ambos tratamientos fue cada vez mas marcada, finalizando el ensayo a los 164 días de vida, en el cual se obtuvo una diferencia en peso de 117.01 gr., donde T1 (Supermacho), obtuvo 244.21 gr. y T2 (Reversado), obtuvo 361.22 gr.

Los rendimientos obtenidos hasta antes del presente ensayo en APAO de R.L, no superaban los 152 gr./pescado al finalizar el cultivo, el cual tenía una duración de 6 meses (sin incluir el periodo desde su nacimiento, hasta la entrega al acuicultor), esto se atribuye a la modalidad de alimentación implementada en nuestro ensayo, el cual consistía en calcular el alimento para un periodo de 14 días, basado en la biomasa de cada tratamiento, dicha ración diaria era dividida en 5 sub-rationes, las cuales eran proporcionadas a un intervalo de 2 horas una de la otra, iniciando a las 8:00 a.m. y finalizando a las 4:00 p.m. Lo cual es amparado por Mendizábal (27), el cual menciona que el éxito de la actividad piscícola depende de la eficiencia en el cultivo, principalmente del manejo del alimento y técnicas de alimentación, considerando la calidad y cantidad del alimento suministrado. También menciona que debido a que los niveles de secreciones digestivas y la acidez aumentan con el incremento de la temperatura en el tracto digestivo, los picos máximos de asimilación se obtienen cuando la temperatura ambiental alcanza los valores máximos. Lo cual contrasta con lo expuesto por Saavedra (42), el cual manifiesta que los peces son animales poiquiloterms, es decir que su temperatura corporal depende de la temperatura del medio y altamente termófilos, haciendo referencia a la dependencia y sensibilidad a los cambios de temperatura y que estos afectan directamente la tasa metabólica; mientras mayor sea la temperatura, mayor tasa metabólica y, por ende, mayor consumo de oxígeno.

Por otra parte, es importante mencionar que a la tilapia masculinizada genéticamente (Supermacho), se le atribuyen muchas bondades con respecto a su crecimiento y rendimiento en cosecha, pero no se cuenta con suficiente información estadística que ampare dichas bondades y lo poco que se conoce sobre esta línea de cultivo monosexo de tilapia, es proporcionada por entidades que se dedican a comercializarla. En nuestro medio no se poseen estudios relacionados sobre su rendimiento, por lo que se hace necesario investigarla, lo cual coincide con la opinión del *Ph.D. Daniel Meyer, el cual manifiesta que en sus investigaciones realizadas en Zamorano (Honduras), para verificar el porcentaje de hembras en las GMT (Supermacho), encontró que todos estaban sexualmente maduros y observó que para GMT el 65% eran machos y 35% hembras; El desarrollo de bancos de especímenes GMT está encaminado a la producción de machos; la observación del porcentaje de hembras en los bancos de GMT no es sorprendente debido a que la determinación del sexo en Tilapia no está en un solo gen, en el sistema XY, donde otros genes también tienen influencia sobre la diferenciación. Esta pudo haber sido una de las causas por las cuales el T1 (Supermacho), no rindió los resultados esperados en nuestro estudio, mientras que para el Reversado se maneja un 95% de machos inducidos sexualmente.

En nuestro ensayo, el alimento proporcionado fue parcialmente donado por la empresa ALIANSA S.A. de CV. Con el propósito que utilizáramos la tabla de alimentación que ellos recomiendan (cuadro A-38) y con el objetivo de manejar homogéneamente el experimento. Ambos tratamientos fueron alimentados basándonos en la tabla de dicha empresa, aun cuando esta ha sido elaborada para alimentar tilapias con sexo mixto y reversado. La tabla de alimentación para GMT (Tilapia Masculinizada Genéticamente), recomienda los mismos porcentajes de proteína en la dieta, pero mayor cantidad de alimento, lo cual también pudo haber influido en el bajo resultado obtenido en comparación al Reversado, pero a pesar, que el Supermacho no consumió lo requerido en su dieta, los pesos obtenidos superaron las exigencias del mercado local (152 gr./pescado). GMT (Tilapia Masculinizada Genéticamente), es una línea de cultivo monosexo que en su obtención se mejoró su habilidad alimenticia, lo cual pudimos comprobar en nuestro ensayo a la hora de alimentar, manifestando una voracidad notable y consumiendo la ración alimenticia en pocos minutos, mientras que en el estanque de los Reversados, después de cinco minutos todavía había alimento.

- 1* Daniel E Meyer, catedrático e investigador de la Facultad de Acuicultura de Zamorano, Honduras.

4.1.3 Ganancia diaria de peso.

Los peces reversados (T2), en promedio crecieron 1.07 más que los supermachos (T1), aun así esta diferencia fue no significativa ($P>0,005$) (Ver cuadro 14 y fig. 3). En promedio los supermachos (T1) alcanzaron 2.29 gr. /día y los reversados (T2) 3.36 gr. /día. Esto indica que ambos tratamientos se comportaron estadísticamente de forma similar.

Cuadro 13. Datos promedio de ganancia diaria de peso (Gr.) a partir de los 66 días de nacidos hasta los 164 días de nacidos.

OBSERVACION (Días de nacido)	T1 (SUPERMACHO)	T2 (REVERSADO)
66	0.69 a	0.57 b
80	1.74 a	1.33 a
94	2.26 b	2.89 a
108	2.22 b	3.87 a
122	2.84 b	4.64 a
136	2.46 b	3.74 a
150	2.39 b	5.18 a
164	3.75 a	4.71 a
X	2.29 a	3.36a

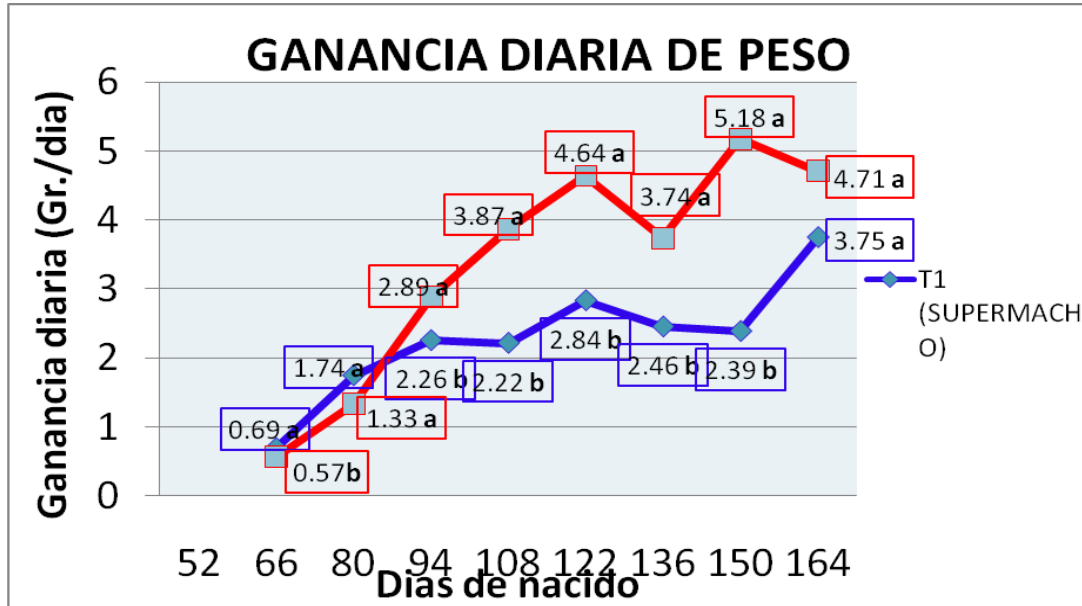


Figura 3. Ganancia diaria de peso (gr/día) de T1 y T2 (supermacho y reversada, respectivamente) a partir de los 52, hasta 164 días después de nacidos.

4.1.4 Peso promedio final.

Hubo una diferencia altamente significativa ($P < 0.01$) entre los pesos promedios finales. Los mayores pesos promedios fueron obtenidos por T2, estos alcanzaron un peso promedio de 49.9% mayor que los supermachos (T1), donde T2 (361.22 gr.) fue superior al T1 (244.21 gr.). Observándose estos resultados en el cuadro 13 y figura 2.

4.1.5 Índice de conversión alimenticia.

Los índices de conversión alimenticia en T1 fue mayor que para T2 (1.70 y 1.21, respectivamente), (Cuadro 14 y 15), ambos datos son aceptables y de alguna manera coinciden con lo obtenido por Gonzáles (2001), quienes también cultivaban tilapias en Zamorano. En Jamaica reportaron ICA's por debajo de 2.0 cultivando tilapias a una densidad de siembra de 30 peces/m³ (14)

Cuadro 14. Parámetros importantes en el crecimiento de los peces del T1= tilapia supermacho (4,066 peces)

Tipo de concentrado	Edad	Peso prom. grs.	Ganancia diaria de peso en grs.	Alimento diario % del peso.	ICA	Consumo gr/pez/BS	Consumo catorcenal /gr/BS
LA GRANJA 45%	52	4.6106		15.0%		0.60	34,248.84
	66	14.2827	0.69	5.50%	0.94	0.68	38,902.36
FONTANA 38%	80	38.7338	1.74	4.50%	0.98	1.52	86,294.53
	94	66.7748	2.26	4.10%	1.36	2.38	135,583.03
	108	98.3594	2.22	4.00%	1.71	3.42	194,845.06
	122	128.1998	2.84	3.45%	1.70	4.85	219,037.05
FONTANA 32%	136	168.6993	2.46	3.00%	2.07	4.40	250,639.76
	150	201.7399	2.39	2.80%	2.08	4.91	279,743.14
	164	244.2300	3.75	2.60%	1.82	5.52	314,475.98
X			2.29		1.70		

Cuadro 15. Parámetros importantes en el crecimiento de los peces del T2= tilapia reversada (4,291 peces)

Tipo de concentrado	Edad.	Peso prom. grs.	Ganancia diaria de peso en grs.	Alimento diario % del peso.	ICA	Consumo gr/pez/BS	Consumo catorcenal /gr/BS
LA GRANJA 45%	52	1.9105		15.0		0.25	14,940.47
	66	9.8522	0.57	5.70	0.88	0.45	26,965.06
FONTANA 38%	80	23.872	1.33	5.10	1.0	1.06	63,630.32
	94	64.262	2.89	4.20	0.81	2.35	141,061.73
	108	118.496	3.87	3.50	1.93	3.61	216,759.87
	122	182.239	4.64	2.90	1.01	4.60	276,212.33
FONTANA 32%	136	241.710	3.74	2.60	1.29	5.47	328,452.42
	150	304.030	5.18	2.20	1.31	5.82	349,577.76
	164	361.220	4.71	1.90	1.45	5.97	412,296.96
X			3.36		1.21		

4.2 Talla de los peces (cm.)

Para la medición de la variable talla, se determinó la longitud total de acuerdo al criterio de Laevastu (27) , medida desde la sínfisis mandibular hasta el extremo distal del radio más largo de la aleta caudal, empleándose para ello una regla de 30 cm. de longitud. Se evaluó la longitud (cm.) cada 14 días, en cada tratamiento, se efectuaron 9 mediciones durante todo el experimento (52, 66, 80, 94, 108, 122, 136, 150 y 164 días después de nacidos). Al totalizar las 100 mediciones por tratamiento se efectuó un análisis de varianza y las prueba de “t” Student para determinar si existieron diferencias significativas entre ambos tratamientos.

j) Talla de los peces (cm.) a los 52 días de nacidos.

Al efectuar la prueba de “t” Student (cuadro A-19) y análisis de varianza (cuadro A-20), para la primera medición 52 días de nacidos, estas demostraron diferencias significativas ($P < 0.01$) entre tratamientos, donde T1 (5.28 cm.) fue estadísticamente superior al T2 (4.77cm.). Observándose estos resultados en el cuadro 16 y figura 4.

Cuadro 16. Datos promedio de tallas de los peces en centímetros, a partir de los 52, hasta los 164 días de nacidos.

OBSERVACION	T1 (SUPERMACHO)	T2 (REVERSADO)
52 días	5.28^a	4.77^b
66 días	9.03^a	8.07^b
80 días	12.23^a	10.83^b
94 días	14.74^a	13.85^b
108 días	16.43^a	16.91^a
122 días	18.17^b	19.74^a
136 días	20.43^b	21.75^a
150 días	21.72^b	23.95^a
164 días	23.35^b	25.36^a

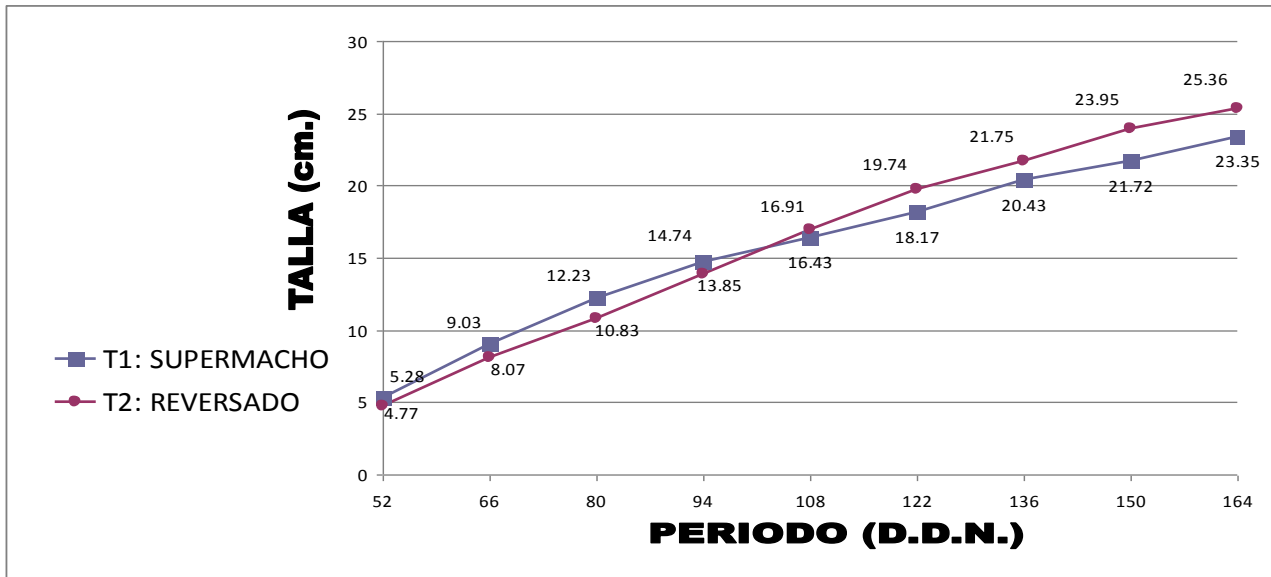


Figura 4. Promedio de longitud en centímetros a partir de los 52 días de nacidos, hasta 164 días después de nacidos, de tilapia masculinizada genéticamente (Supermacho) y tilapia con cambio hormonal de sexo (Reversado)

k) Talla de los peces (cm.) a los 66 días de nacidos.

Para la segunda medición 66 días de nacidos, estas demostraron diferencias significativas al ($P < 0.01$) entre tratamientos, al efectuar la prueba de “t” Student (cuadro A-21) y análisis de varianza (cuadro A-22), donde T1 (9.03 cm.) fue estadísticamente superior al 95% que T2 (8.07cm). Observándose estos resultados en el cuadro 16 y figura 4.

l) Talla de los peces (cm.) a los 80 días de nacidos.

Los datos recopilados para la tercera medición 80 días de nacidos, demostraron diferencias significativas (99 %) entre tratamientos, al efectuar la prueba de “t” Student (cuadro A-23) y análisis de varianza (cuadro A-24), donde T1 (12.23 cm.) fue estadísticamente superior al T2 (10.83 cm.). Observándose estos resultados en el cuadro 16 y figura 4.

m) Talla de los peces (cm.) a los 94 días de nacidos.

Al efectuar la prueba de “t” Student (cuadro A-25) y análisis de varianza (cuadro A-26), para la cuarta medición a los 94 días de nacidos, estas demostraron diferencias significativas ($P < 0.01$) entre tratamientos, donde T1 (14.74 cm.) fue estadísticamente superior al T2 (13.85 cm.). Observándose estos resultados en el cuadro 16 y figura 4.

n) Talla de los peces (cm.) a los 108 días de nacidos.

Al efectuar la prueba de “t” Student (cuadro A-27) y análisis de varianza (cuadro A-28), para la quinta medición a los 108 días de nacidos, estas demostraron que no existieron diferencias significativas entre tratamientos, donde T1 (16.43 cm.) fue estadísticamente similar al T2 (16.91 cm.). Observándose estos resultados en el cuadro 14 y figura 3.

o) Talla de los peces (cm.) a los 122 días de nacidos.

Los datos recopilados para la sexta medición 122 días de nacidos, demostraron diferencias significativas (99 %) entre tratamientos, al efectuar la prueba de “t” Student (cuadro A-29) y análisis de varianza (cuadro A-30), donde T1 (18.17 cm.) fue estadísticamente inferior al T2 (19.74 cm.). Observándose estos resultados en el cuadro 16 y figura 4.

p) Talla de los peces (cm.) a los 136 días de nacidos.

Los datos recopilados para la séptima medición 136 días de nacidos, demostraron diferencias significativas (99 %) entre tratamientos, al efectuar la prueba de “t” Student (cuadro A-31) y análisis de varianza (cuadro A-32), donde T2 (21.75 cm.) fue estadísticamente superior al T1 (20.43 cm.) . Observándose estos resultados en el cuadro 16 y figura 4.

q) Talla de los peces (cm.) a los 150 días de nacidos.

Los datos recopilados para la octava medición 150 días de nacidos, demostraron diferencias significativas (99 %) entre tratamientos, al efectuar la prueba de “t” Student (cuadro A-33) y análisis de varianza (cuadro A-34), donde T2 (23.95 cm.) fue estadísticamente superior al T1 (21.72 cm.) . Observándose estos resultados en el cuadro 16 y figura 4.

r) Talla de los peces (cm.) a los 164 días de nacidos.

Los datos recopilados para la novena medición a los 164 días de nacidos, demostraron diferencias significativas (99 %) entre tratamientos, al efectuar la prueba de “t” Student (cuadro A-35) y análisis de varianza (cuadro A-36), donde T2 (25.36 cm.) fue

estadísticamente superior al T1 (23.35 cm.). Observándose estos resultados en el cuadro 16 y figura 4.

En resumen los resultados estadísticos obtenidos en el análisis de la variable longitud (cm.), en la primera comparación estadística T1 (Supermacho), demostró ser superior estadísticamente que T2 (Reversado), en las segunda comparación realizada a los 66 días de nacidos, se presentó significancia únicamente al 5%, para la tercera y cuarta medición (80 y 94 días de nacidos respectivamente) la longitud alcanzada por T1 (Supermacho) mostró ser altamente significativa ($P < 0.01\%$), posteriormente se observó una homogeneidad en la variable en estudio; en la quinta medición (108 días de nacidos) T1 15.43 cm. y T2 16.91 cm., para luego experimentar una alza en el crecimiento para T2 (Reversado), la cual se mantuvo en constante diferencia altamente significativa, comparada con lo obtenido por T1. Alcanzando para la novena y última medición (164 días de nacidos) 25.36 cm. comparado con 23.35 cm. alcanzados por T1 (Supermacho). Las mediciones de esta variable al igual que la anterior (peso gr.), tenían un intervalo de 14 días una de la otra, observándose mejor, dichos resultados, en el cuadro 14 y figura 3. La variable talla (cm.) esta estrechamente relacionada con la variable peso (gr.) y los resultados obtenidos en esta variable fueron consecuencia de lo manifestado anteriormente. Pero a pesar que la diferencia en cm. entre ambos tratamientos es mínima (2.01 cm.), la diferencia en peso es bastante considerable para el acuicultor (117.01 gr.), lo que indica que la tilapia reversada (T2), presentó mayor corpulencia (profundidad corporal) que el supermacho (T1) y esto pudo haberse debido al efecto indirecto que tubo la inducción sexual con andrógenos (17 alfa metiltestosterona). Lo cual es amparado por Wagner (47) quien menciona que un anabólico puede definirse como cualquier agente que afecte la función metabólica del animal, aumentando la sedimentación de proteínas. Los anabólicos son definidos por la FAO y la OMS, como toda sustancia capaz de mejorar el balance de nitrógeno por el aumento de la acumulación de proteína en el organismo animal, coincidiendo con Bhasin (3), quien menciona que varios estudios están en acuerdo que la testosterona produce hipertrofia muscular, aumentando la síntesis de proteínas musculares. El suministro de 17 alfa metil testosterona para inducir el sexo en la tilapia, es en mínimas cantidades (30 Mg. /pez), pero esta mínima cantidad puede logran una mejor asimilación del alimento, lo cual coincide con lo expuesto por Kolb (23), quien analizó las hormonas como sustancias elaboradas por

determinadas agrupaciones celulares, que se vierten a la sangre y son capaces de modificar el metabolismo, aún en concentraciones muy pequeñas. Lone y Matty (33), reportaron un incremento significativo en la tasa de crecimiento de *Cyprinus Carpio* (Carpa común), de 30 días de edad, tratados durante 90 días con 17 alfa-metiltestosterona a dosis entre 2.5 a 5 mg/kg. de alimento, los peces tratados alcanzaron una ganancia de biomasa del 43.3 y 39%, respectivamente; con concentraciones mayores, entre 5 y 10 mg/Kg. de alimento, no se promovió una mayor tasa de crecimiento ($p>0.05$), pero si hubo un incremento del 17% en peso, con respecto a los peces del testigo. También Diana y Jaiyen (12), manifiestan que el tratamiento hormonal puede aumentar la síntesis de proteína y mejorar los rendimientos en cosecha y que algunos efectos provocados por el suministro de esteroides en animales, pueden inducir el incremento de la masa muscular (acción anabólica), aumenta la lipólisis y mejora la síntesis proteica. Bhasin (3), aporta sus conocimientos al mencionar que la 17 α -metil testosterona (MT) es una forma sintética de anabólicos-androgénicos y de hormonas esteroides, es decir, que promueve tanto el crecimiento muscular y el desarrollo sexual masculino característico. La MT esta estrechamente relacionada con la hormona de la testosterona producida de forma natural. Herrera y Demesa (20), en sus investigaciones analizando el efecto del anabólico acetato de trembolona sobre el crecimiento de la carpa dorada (*Carassius aurata*), concluye que los modelos estadísticos mostraron que el crecimiento de los peces tratados con anabólicos fue superior al de los peces del testigo y difieren significativamente ($p<0.001$), mientras que los modelos alométricos para cada tratamiento indicaron un crecimiento similar ($p>0.05$). También concluye que la aplicación del acetato de trembolona en *Carassius auratus* fue exitosa, al funcionar como un eficiente agente anabólico, ya que se obtuvo una ganancia de biomasa del 48.0% y de talla del 41.3%, con respecto al testigo. Moore (31) menciona que el anabólico acetato de trembolona incremento la velocidad de crecimiento de la carpa dorada, al mejorar la eficiencia de la conversión alimenticia; asimismo debido a que el tejido adiposo se encuentra asociado a los sitios de recepción de los esteroides, incluso funciona como reservorio de los mismos, como sucede con los adipositos en el humano y otros mamíferos; también manifiesta que es probable que se halla realizado un aumento de tejido óseo y muscular a expensas de la grasa corporal, de acuerdo con Wilson y Brigstocke (50).

4.3 Análisis Económico.

En la presente investigación, los resultados de costos para cada uno de los tratamientos establecidos (Cuadro 18), obsérvese que el supermacho (T1) resultó ser el que requiere menos costos de inversión (\$ 3,209.34), en comparación con el reversado (T2) el cual incremento sus costos de producción a un valor de (\$ 3,669.94) debido a que presentaron un aumento de peso y esto ameritaba mayor cantidad de concentrado, pues eran alimentados en base a la ganancia de peso que iban obteniendo.

Con respecto a los ingresos percibidos en ambos tratamientos, fueron los reversados (T2) los que presentaron mayores ingresos (\$5,958.62) en comparación con el supermacho (\$4,093.94) debido a que el reversado presento una mayor ganancia de peso.

A pesar que los costos de producción del reversado son superiores en comparación al supermacho, los ingresos del reversado se ven incrementados al obtener una mayor ganancia de peso, lo cual representa una mejor utilidad (\$1,109.41/estaque), en comparación con la utilidad obtenida por el T1 (\$884.60/estaque).

Al realizar el análisis económico mediante la relación beneficio/costo, se determinó que el T2 presentó \$ 1.62 lo cual significa que por cada dólar que se invirtió, se gana \$ 0.62, siendo este el que mayor rentabilidad demostró en el estudio y el T1 obtuvo una relación beneficio/costo de \$ 1.27, haciendo referencia a que por cada dólar invertido se gana \$ 0.27, que fue el tratamiento que presento menor rentabilidad.

Cuadro 17. Análisis económico comparativo para ambos tratamientos, con una densidad de siembra de 50 alevines/mt³.

CONCEPTO	SUPERMACHO	REVERSADO
ALEVINES	\$284.62	\$284.62
CONCENTRADO	\$928	\$1,334.17
MANO. DE OBRA.(1DH/6 MESES)	\$1,092	\$1,092
LUMPE (CAPTURADOR)	\$0.83	\$0.83
ATARRAYAS 2V. ½	\$13.33	\$13.33
CUBETAS PLÁSTICAS DE 5 GAL.	\$2.50	\$2.50
½ BARRIL	\$2.50	\$2.50
BASCULA DE RELOJ	\$5.83	\$5.83
BOLSAS PLÁSTICAS(5BL)	\$50	\$50
BALANZA ANALÍTICA (500 GR.)	\$50	\$50
ESCOBAS	\$0.50	\$0.50
TRANSPORTE	\$400	\$400
IMPREVISTOS (5%)	\$139.70	\$166.29
EGRESOS TOTALES	\$3,209.34	\$3,669.94
COSTOS INDIRECTOS	\$237.73	\$271.85
VENTA DE PECES	\$4,093.94	\$5,958.62
INGRESOS	\$4,093.94	\$5,958.62
UTILIDAD	\$884.60	\$1,109.41
B/C	\$1.27	\$1.62

5. CONCLUSIONES.

1. El peso vivo promedio de los peces del T2 (reversado= 361.22 gr.) fue estadísticamente superior ($P < 0.01$) al de los supermacho (T1= 244.22 gr.) a los 164 días de nacidos; situación probablemente ocurrida por el efecto indirecto de la administración de andrógenos en T2, durante el proceso de inducción hormonal de sexo.
2. La talla promedio de los peces reversados (T2= 25.36 cm.), resulto ser estadísticamente superior ($P < 0.01$) a la talla alcanzada por los supermachos (T1= 23.35 cm.). Esta variable esta estrechamente relacionada al peso vivo, por lo cual estos resultados son causa de lo manifestado anteriormente.
3. En cuanto al índice de conversión alimenticia se refiere fue mejor el supermacho (T1), logrando un ICA de 1.70, comparado con 1.21 alcanzado por reversado (T2).
4. Finalmente con los resultados obtenidos en el análisis económico, el T2 (reversado) resulto ser mejor y más rentable, con una relación beneficio-costos de \$ 1.62, en cambio el T1 (supermacho) obtuvo \$1.27. esto debido principalmente a un mayor crecimiento que experimento el reversado.

6. RECOMENDACIONES.

- 1- De acuerdo con los resultados de este estudio se recomienda la modalidad de alimentar cada dos horas, partiendo de las 8 de la mañana debido a que la tilapia es un animal poiquilotermo y finalizando a las cuatro de la tarde.
- 2- Para poder estar en capacidad de recomendar una línea de tilapia mono sexo se recomienda realizar más pruebas comparativas en este tema para poder validar.
- 3- Debido a que en nuestro experimento se utilizo una sola tabla de alimentación para ambos tratamientos(tabla de alimentación de ALIANSA S.A de C.V.), se recomienda realizar una investigación alimentando la tilapia GTM, ad libitum para conocer el consuno real de dicha línea de cultivo mono sexo.
- 4- Realizar muestreos periódicamente para conocer la ganancia de peso que se va obteniendo y de esta manera calcular la ración alimenticia en base a un porcentaje de peso vivo
- 5- Debido a la escasez material bibliográfica en el cultivo de GMT, se recomienda realizar más investigaciones para de esta manera estar en capacidad de recomendarlo o no a los productores.

7. BIBLIOGRAFIA.

1. ALBERT, E. y CURTIS, M. A. 1991. Prevalence and abundance of helminth parasites in an intensively fished population of brook trout (*Salvelinus fontinalis*) at a small subarctic lake. *Can.J. Zool.* 69:691-697.
2. ARBOLEDA OBREGÓN, D.A. 2005. Reversión sexual de las tilapias rojas (*Oreochromis* sp.), una guía básica para el acuicultor. *Revista Electrónica Veterinaria REDVET*, consultada el 10-08-2010. Disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>.
3. BHASIN, S., WOODHOUSE, L., y ALMACENISTA, T.W. 2001 Proof of the effect of testosterone on skeletal muscle. *Endocrinology* , 170, 27-38
4. CANTOR ATLATENCO, F. 2007 *Manual de producción de tilapia.*: Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla, MX. 135 p.
5. CHIMITS, P. 1955 La tilapia y su cultivo. *Bol. de Pesca, FAO, vol 8 (1)*
6. CIC – CORPEI, 2004. Producción y manejo de productos, características de las tilapia, Instituto Nacional de Pesca (INP)
7. COCHE, A. 1992. Cage culture of tilapias, p 205-246. In R.S.V. Pulling and R.H. Lowe-McConnel (eds.) *The biology and culture of tilapias.* ICLARM Conference Proceedings, 7,432p. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Phillipines.
8. CONROY, G y CONROY, D.A. 2000. Enfermedades y parásitos de cachama, pacus y tilapia. Documento técnico No. 3, pharma- Fish, Maracay Venezuela.
9. CARRILLO ÁVILA, M. y RODRÍGUEZ PULIDO, J.A. 2001. Bases fisiológicas de la reproducción de peces tropicales. *Fundamentos de Acuicultura Continental, Serie de fundamentos No1, 2ª Ed.*, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura de la Republica de Colombia, P. 189-216.
10. CASTILLO CAMPO, L.F. 2006. Tilapia Roja 2001, una evolución de 20 años, de la incertidumbre al éxito. Cali, Colombia. Consultado en 24, 07,2010. Disponible en www.panoramaaquicola.com
11. DELGADO 2006. Biología reproductiva de la *Oreochromis niloticus*. Disponible en: <http://www.acuicultura-ca.orrghn>. Consultado el día 20 de Febrero de 2011.

12. DIANA, JS, LIN, CK y JAIYEN, K. 1994 Supplemental feeding of tilapia in fertilized ponds. *Journal of World* , 25(4), 497–506. *Sociedad de Acuicultura*, 25 (4), 497-506.
13. ENGLE, C.R. 2009. Developmen of Central America Markets for Tilapia Produced in the Region. In K. McElwee, D. Burke, M Nile, X. Cummings, and H. Eгна (Editors), Seventeenth Annual Technical Report. Pond Dynamics/Aquaculture CRSP, Rregon State University, Corvallis, Oregon.
14. ESPEJO GONZÁLEZ, C.; TORRES QUEVEDO, E. 2001. Cultivo de las tilapias roja (*Oreochromis sp.*) y plateada (*Oreochromis niloticus*). *Fundamentos de Acuicultura Continental*, Serie de fundamentos No1, 2ª Ed., Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura de la Republica de Colombia, P. 283-298.
15. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2004. El estado mundial de la pesca y la acuicultura (en línea). Consultado 07 jul. 2010. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/007/y5600s/>
16. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) FISHERIES DEPARTAMEN. 1999. The state of world fisheries and aquaculture 1998. Rome. FAO International Divition Editorial Group. 112 p.
17. FISHGEN. (Genética de Peses) 2001. (GMT) Tilapia masculinizada genéticamente. Consultado. 10-06-2010. Disponible en <http://www.fishgen.com/8Contacts%20-%20esp.htm>
18. GUERRERO. 1981 Implantes hormonales. Agricultura de las Américas. Volumen 30 Número 10 de. p 18-20
19. HEPHER y PRUGININ. 1991. Cultivo de peces comerciales, basado en las experiencias de las granjas piscícolas en Israel. 3ª Ed. Editorial Limusa, MX, D.F. 316 pp.
20. HERRERA, S. y DEMESA, T. 2008. Efecto del anabólico acetato de trembolona sobre el crecimiento de *Carassius aurata*. *Hidrobiología*. Iztapalapa. Distrito Federal. México. Universidad Autónoma Metropolitana. P. 41-50
21. HUET, M. 1985. Tratado de piscicultura. ESP. Ediciones mundi- prensa. 3ed. P. 11
22. IREGUI, C. 2006. Enfermedades bacterianas más frecuentes en tilapia roja (*Oreochromis spp.*) *In* Seminario Internacional de Acuicultura, San José, CR. Resúmenes. San José, CR. P. 20-25.

23. KOLB. 1971. Fisiología veterinaria. España: Acribia, p 192
24. McCORMICK, S.; SHRIMPTON, J.; CAREY, J., O'DEA, M.; SLOAN, K., MORIYAMA, S.; BJÖRNSON, B. 1998 Repeated acute stress reduces growth rate of Atlantic salmon parr and alters plasma levels of growth hormone, insulin-like growth factor I and cortisol. *Aquaculture* 168: 221-235.
25. MAIR, G.C. y LITTLE, D.C. 1991. Control de la población en la tilapia de granja. NAGA, ICLARM Quarterly. consultado 21-06-2010. Disponible en <http://translate.google.com/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://www.dfid.stir.ac.uk/afgrp/greylit/CP5.pdf&rurl=translate.google.com.sv>
26. MARTÍNEZ CONTRERAS, T.M. 2003. Adaptación y crecimiento de las tilapias *Oreochromis niloticus*, *O. aureus*, *O. mossambicus* x *O. niloticus* en agua salada (Tesis de Doctora en Ciencias Pecuarias, Universidad de Colima, México). 105pp.
27. MENDISABAL, S. H. 1998. Engorde exitoso de tilapia. Alevín Reversado que Asegura Mejores Rendimientos. *Rev. Agricultura*. N° 7: 5-6.
28. MEYER, D. E. y MEJÍA, S. 1993 Utilización de cuatro fuentes de nutrientes en el cultivo de la tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Actas del Simposio de Investigación Acuícola en Latinoamérica. Pradepesca Univ. Nac. De Heredia Costa Rica*.
29. MEYER, D.E. 1999. Manual de Introducción a la Acuicultura, Zamorano, Honduras.
30. MYERS, J.M, y HERSHBERGER, W.K. 1991. Early growth and survival of heat shocked and tetraploid derived triploid rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) *Aquaculture* 96, 97-107.
31. MOORE, R., D. SUTTON y ROSENBLUM. R. 2002. In vitro uptake and metabolism of testosterone by goldfish, *Carassius auratus*, mesenteric adipose tissue. *General and Comparative endocrinology* 127: 190-197.
32. LAEVASTU, T. 1971 Manual de Métodos de Biología Pesquera. Editorial Acribia. Zaragoza. 214pp.
33. LONE, K. y A. MATTY. 1980. The effect of feeding methyltestosterone on the growth and body composition of common carp (*Cyptinus carpio* L.) *General Comparative Endocrinology* 40: 404-424.
34. NICOVITA 2005. La mejor ración; Manual de crianza de Tilapia. Consultado el 15-07-10 disponible en www.alicorp.com.pe.

35. NORIEGA, C. 2001. Acuicultura: manual de curso sobre producción acuícola. Guatemala, CA, ENCA. 22 p.
36. OCHOTORENA A. y BAYUELO. R. 2002. Determinación del crecimiento de hembras y machos de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en el Jardín Zoológico de la Habana, Cuba. 195-210
37. ORELLANA, H .S. 1988. Estudio sobre el crecimiento de seis especies de peces en poli cultivo. Licenciatura en Biología. San Salvador. E.S. universidad Nacional de El Salvador. P. 70-75
38. PINEDA. O. 2007. comparación técnica y económica del cultivo de tilapia (*grisorochromis niloticus*) utilizando machos reversados y machos no reversados en estanques de tierra. UNIVO. 6 p.
39. POPMA, T.J. y LOVSHIN, L. 1994. Worldwide prospects for commercial production of tilapia. *Auburn, Alabama, USA*.
40. PRODUCE. 2005. Cultivo de tilapia, Ministerio de la Producción, Dirección Nacional de la Acuicultura, Lima, Perú. consultado el 22-07-2010 disponible en www.producemar.per.cc
41. RETA MENDIOLA, 2004. Curso de cultivo de peces en jaulas flotantes. Colegio de Postgraduados. Campus Veracruz. Acuicultura Rural integral.
42. SAAVEDRA, M. A. 2003. Introducción al cultivo de tilapia. Coordinación de acuicultura, Departamento de Ciencias Ambientales y Agrarias, Facultad de Ciencia, Tecnología y Ambiente. Universidad Centroamericana. Managua, Nicaragua.
43. SHOEMAKER, C. y KLESIUS, P. 1997. Fungus disease problems and control. *in* Fitzsimmons K. Ed. Tilapia Aquaculture. New York, US, Northeast Regional Agricultural Engineering Service. V2:671-682 p.
44. STATSOFT. 2001. Statistica: release 6.0 Statsoft, Inc. Tulsa, OK. Englewood Cliffs. NJ.
45. SURESH, A.V. 1999. Recent advances in tilapia broodstock management. *Puerta de la Cruz Venezuela. Acuicultura*, 99:17-20
46. VARADARAJ, K. y PANDIAN T.J. 1989. Primer informe sobre la producción de tilapia supermacho mediante la integración de endocrina-relaciones sexuales con la técnica de reversión ginogenéticos. P 434-441.

47. WAGNER. T 1997. Agentes Anabólicos en los animales domésticos. 5p.
48. WICKI, G.A. 1998. Estudio de desarrollo y producción de Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Revista AquaTIC, 2, ISSN 1578-4541 URL: disponible en. <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/>
49. WIKIPEDIA, 2010. Mecanismos de acción hormonal. Enciclopedia libre, consultada el 18-07-2010, disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Hormona>.
50. WILSON, P.N. y BRIGSTOCKE. T.D. 1987. Avance en la alimentación de vacuno y ovino. Edit. Acribia, S.A. España. 272 p.

ANEXOS

Cuadro A- 1 Promedio de peso vivo de los peces en gramos, a los 52 días de nacidos.

OBSERVACION	T1 SUPERMACHO	T2 REVERSADO
I	4.0754	1.8189
II	3.7256	2.1706
III	3.9568	1.66
IV	4.8669	1.8848
V	5.1543	1.9166
VI	4.4673	1.9136
VII	5.0058	1.9653
VIII	4.3605	1.9699
IX	4.246	1.9973
X	6.2476	1.8092
PARAMETROS ESTADISTICOS		
X	4.6106 a	1.9105 b
Sx	0.7386	0.1347
Sx ²	0.5455	0.0181
Σx	46.1062	19.0962
Σx ²	217.4888	36.6293
PRUEBA DE “F” FISHER		
FC	30.1381**	
Ft (10-1) TRAT. Y ERROR		
5%	1%	RESULTADOS DE VARIANZA
3.18	5.35	HETEROGENEA
PRUEBA DE “t” ESTUDENT		
Var. media	0.2818	
Error st.	0.2373	
tc.	15.5925**	
TT (ni + nj) – 2		
	5%	1%
	2.101	2.861

Cuadro A- 2 Análisis de varianza de los datos promedio de peso de los peces (gr.), a los 52 días de nacidos.

F de V	Gl	Scm	Cm	Fc	5%	1%
Tratamientos	1	36.4771	36.4771	201.148**	3.55	6.01
Error	18	175.5269	9.7515			
Total	19	212.004				

* En el análisis de varianza a los 52 días de nacidos, uno demostró ser mejor que el otro; en base a las medias presentadas por cada uno de los tratamientos el T1 demostró ser mejor que el T2 en ganancia de peso.

Cuadro A- 3 Datos promedio de peso vivo de los peces en gramos, a los 66 días de nacidos.

OBSERVACION	T1 SUPERMACHO	T2 REVERSADO
I	13.345	8.3505
II	12.53	8.6625
III	16.4084	10.374
IV	15.0595	11.0295
V	11.6671	9.9585
VI	15.2119	9.975
VII	14.7698	10.6305
VIII	13.0473	9.9465
IX	16.301	10.545
X	14.4874	9.0487
PARAMETROS ESTADISTICOS		
X	14.2827 a	9.8522 b
Sx	1.5866	0.888
Sx ²	2.5174	0.7886
Σx	142.8274	98.5207
Σx ²	2,062.62	977.7282
PRUEBA DE “F” FISHER		
FC	3.1922*	
Ft (10-1) TRAT. Y ERROR		
5% 1%	RESULTADOS DE VARIANZA	
3.18 5.35	HETEROGENEA	
PRUEBA DE “t” ESTUDENT		
Var. media	1.6530	
Error st.	0.5742	
tc.	7.7159**	
TT (ni + nj) – 2		
	5%	1%
	2.101	2.861

Cuadro A- 4 Análisis de varianza de los datos promedio de peso de los peces (gr.) de a los 66 días de nacidos.

F de V	Gl	Scm	Cm	Fc	5%	1%
Tratamientos	1	98.1542	98.1542	60.4882**	3.55	6.01
Error	18	29.7487	1.6227			
Total	19	127.9029				

* En el análisis de varianza a los 66 días de nacidos, uno demostró ser mejor que el otro; en base a las medias presentadas por cada uno de los tratamientos el T1 demostró ser mejor que el T2 en ganancia de peso.

Cuadro A-5 Datos promedio de peso vivo de los peces en gramos, a los 80 días de nacidos.

OBSERVACION	T1 SUPERMACHO	T2 REVERSADO
I	81.9006	34.82
II	29.6107	28.83
III	38.485	24.19
IV	40.0907	24.61
V	33.9678	21.63
VI	34.1664	23.91
VII	38.0936	15.36
VIII	27.3471	22.92
IX	33.845	19.78
X	29.8314	22.69
PARAMETROS ESTADISTICOS		
X	38.7338 a	23.872 b
Sx	15.7312	5.1766
Sx ²	247.471	26.7976
Σx	387.1383	23.874
Σx ²	17,214.84	5,941.30
PRUEBA DE “F” FISHER		
FC	9.2348**	
Ft (10-1) TRAT. Y ERROR		
5%	1%	RESULTADOS DE VARIANZA HETEROGENEA
3.18	5.35	
PRUEBA DE “t” ESTUDENT		
Var media	137.13	
Error st.	5.2368	
tc.	2.8379*	
TT (ni + nj) – 2		
	5%	1%
	2.101	2.861

Cuadro A- 6 Análisis de varianza de los datos promedio de peso de los peces (gr.), a los 80 días de nacidos.

F de V	Gl	Scm	Cm	Fc	5%	1%
Tratamientos	1	8,405.6183	8,405.6183	6.5456**	3.55	6.01
Error	18	23,115.0384	1,284.1688			
Total	19	14,709.420				

* En el análisis de varianza a los 80 días de nacidos, uno demostró ser mejor que el otro; en base a las medias presentadas por cada uno de los tratamientos el T1 demostró ser mejor que el T2 en ganancia de peso.

Cuadro A-7 Datos promedio de peso vivo de los peces en gramos, a los 94 días de nacidos.

OBSERVACION	T1 SUPERMACHO	T2 REVERSADO
I	63.32	66.93
II	60.245	58.89
III	65.4478	71.91
IV	67.0293	59.70
V	61.0886	64.38
VI	68.655	61.92
VII	61.6892	63.56
VIII	67.5861	59.46
IX	68.2193	64.19
X	84.4678	71.73
PARAMETROS ESTADISTICOS		
X	66.7748 a	64.262 a
Sx	6.9435	4.7391
Sx ²	48.213	22.4588
Σx	667.7482	642.42
Σx ²	45,022.68	41,466.83
PRUEBA DE “F” FISHER		
FC	2.1467n/s	
Ft (10-1) TRAT. Y ERROR		
5%	1%	RESULTADOS DE VARIANZA
3.18	5.35	HOMOGENEA
PRUEBA DE “t” ESTUDENT		
Var. media	35.3494	
Error st.	2.6589	
tc.	0.9525n/s	
TT (ni + nj) – 2		
	5%	1%
	2.101	2.861

Cuadro A- 8 Análisis de varianza de los datos promedio de peso de los peces (gr.), a los 94 días de nacidos.

F de V	Gf	Scm	Cm	Fc	5%	1%
Tratamientos	1	32.0759	32.0759	0.9154^{n/s}	3.55	6.01
Error	18	630.3985	35.022			
Total	19	662.4744				

* En el análisis de varianza a los 94 días de nacidos, uno demostró ser mejor que el otro; en base a las medias presentadas por cada uno de los tratamientos el T1 demostró ser mejor que el T2 en ganancia de peso.

Cuadro A-9 Datos promedio de peso vivo de los peces en gramos, a los 108 días de nacidos.

OBSERVACION	T1 SUPERMACHO	T2 REVERSADO
I	110.2164	113.92
II	95.7128	99.03
III	85.075	104.96
IV	89.3714	113.68
V	75.9343	127.91
VI	92.0207	115.45
VII	83.72	127.69
VIII	116.2914	120.97
IX	106.8464	118.3
X	128.4057	142.77
PARAMETROS ESTADISTICOS		
X	98.3594 b	118.4964 a
Sx	16.5281	12.3902
Sx ²	273.1772	153.5194
Σx	983.5941	1,184.68
Σx ²	99,204.33	141,730.76
PRUEBA DE “F” FISHER		
FC	1.7761 n/s	
Ft (10-1) TRAT. Y ERROR		
5%	1%	RESULTADOS DE VARIANZA HOMOGENEA
3.18	5.35	
PRUEBA DE “t” ESTUDENT		
Var media	213.4933	
Error st.	6.5344	
tc.	3.0774**	
TT (ni + nj) – 2		
	5%	1%
	2.101	2.861

Cuadro A-10 Análisis de varianza de los datos promedio de peso de los peces (gr.), a los 108 días de nacidos.

F de V	G1	Scm	Cm	Fc	5%	1%
Tratamientos	1	2021.177	2,021.177	9.4676**	3.55	6.01
Error	18	3,842.6844	213.4825			
Total	19	5,864.4614				

* En el análisis de varianza a los 108 días de nacidos, uno demostró ser mejor que el otro; en base a las medias presentadas por cada uno de los tratamientos el T1 demostró ser mejor que el T2 en ganancia de peso.

Cuadro A- 11 Datos promedio de peso vivo de los peces en gramos, a los 122 días de nacidos.

OBSERVACION	T1 SUPERMACHO	T2 REVERSADO
I	145.3143	185.37
II	119.7528	157.66
III	137.1507	169.01
IV	120.3086	173.29
V	122.425	203.51
VI	108.4607	186.56
VII	124.81	196.24
VIII	235.2136	185.4
IX	124.58	178.38
X	141.9821	186.97
PARAMETROS ESTADISTICOS		
X	137.9998 b	182.239 a
Sx	35.9563	13.0642
Sx ²	1,292.8589	175.938
Σx	1,379.9978	1,822.39
Σx ²	102,075.12	333,693.97
PRUEBA DE “F” FISHER		
FC	1.7969	n/s
Ft (10-1) TRAT. Y ERROR		
5%	1%	RESULTADOS DE VARIANZA
3.18	5.35	HOMOGENEA
PRUEBA DE “t” ESTUDENT		
Var. media	156.049	
Error st.	5.5866	
tc.	9.6730**	
TT (ni + nj) – 2		
	5%	1%
	2.101	2.861

Cuadro A- 12 Análisis de varianza de los datos promedio de peso de los peces (gr.), a los 122 días de nacidos.

F de V	Gl	Scm	Cm	Fc	5%	1%
Tratamientos	1	9,785.5429	9,785.5429	2.6207^{n/s}	3.55	6.01
Error	18	67,209.7482	3,733.8749			
Total	19	76,995.2911				

* En el análisis de varianza a los 122 días de nacidos, uno demostró ser mejor que el otro; en base a las medias presentadas por cada uno de los tratamientos el T1 demostró ser mejor que el T2 en ganancia de peso.

Cuadro A- 13 Datos promedio de peso vivo de los peces en gramos, a los 136 días de nacidos.

OBSERVACION	T1 SUPERMACHO	T2 REVERSADO
I	166.6286	241.57
II	159.8736	237.5
III	172.252	154.84
IV	166.1886	227.86
V	166.0536	257.82
VI	148.1571	201.7
VII	175.6128	256.96
VIII	190.19	239.31
IX	185.7114	256.93
X	156.2257	242.59
PARAMETROS ESTADISTICOS		
X	168.6993 b	241.71 a
Sx	12.8501	17.3623
Sx ²	165.1255	301.4489
Σx	284,594.68	2,417.08
Σx ²	286,080.80	586,940.61
PRUEBA DE “F” FISHER		
FC	0.54781 n/s	
Ft (10-1) TRAT. Y ERROR		
5%	1%	RESULTADOS DE VARIANZA
3.18	5.35	HOMOGENEA
PRUEBA DE “t” ESTUDENT		
Var media	233.4539	
Error st.	6.833	
tc.	10.6848**	
TT (ni + nj) – 2		
	5%	1%
	2.101	2.861

Cuadro A- 14 Análisis de varianza de los datos promedio de peso de los peces (gr.), a los 136 días de nacidos.

F de V	Gl	Scm	Cm	Fc	5%	1%
Tratamientos	1	4111,272,333.0	4111,272,333,0	11,141.3827**	3.55	6.01
Error	18	6,642,165.0	369,009.167			
Total	19	4,117,914,498.0				

* En el análisis de varianza a los 136 días de nacidos, uno demostró ser mejor que el otro; en base a las medias presentadas por cada uno de los tratamientos el T1 demostró ser mejor que el T2 en ganancia de peso.

Cuadro A- 15 Datos promedio de peso vivo de los peces en gramos, a los 150 días de nacidos.

OBSERVACION	T1 SUPERMACHO	T2 REVERSADO
I	118.1	276.11
II	218.1571	288.64
III	201.0686	312.43
IV	192.6586	316.53
V	219.94	232.13
VI	194.9507	309.6
VII	213.27	307.81
VIII	214.9628	282.86
IX	217.647	318.12
X	226.645	307.81
PARAMETROS ESTADISTICOS		
X	201.7399 b	304.03 a
Sx	31.4581	15.9901
Sx ²	989.6114	255.68
Σx	2,017.40	3,040.33
Σx ²	415,896.69	926,661.80
PRUEBA DE “F” FISHER		
FC	3.8704*	
Ft (10-1) TRAT. Y ERROR		
5%	1%	RESULTADOS DE VARIANZA
3.18	5.35	HETEROGENEA
PRUEBA DE “t” ESTUDENT		
Var media	622.65	
Error st.	11.1593	
tc.	9.1666**	
TT (ni + nj) – 2		
	5%	1%
	2.101	2.861

Cuadro A- 16 Análisis de varianza de los datos promedio de peso de los peces (gr.), a los 150 días de nacidos.

F de V	Gl	Scm	Cm	Fc	5%	1%
Tratamientos	1	52,319.2889	52,319.2889	84.00**	3.55	6.01
Error	18	11,210.5631	622.8091			
Total	19	63,526.852				

* En el análisis de varianza a los 150 días de nacidos, uno demostró ser mejor que el otro; en base a las medias presentadas por cada uno de los tratamientos el T1 demostró ser mejor que el T2 en ganancia de peso.

Cuadro A- 17 Datos promedio de peso vivo de los peces en gramos, a los 164 días de nacidos.

OBSERVACION	T1 SUPERMACHO	T2 REVERSADO
I	159.1457	344.54
II	282.3928	344.82
III	231.5	364.59
IV	215.2286	339.31
V	279.2071	357.68
VI	242.5521	369.99
VII	252.5179	322.45
VIII	229.7821	382.99
IX	237.9657	404.4
X	311.835	381.43
PARAMETROS ESTADISTICOS		
X	244.2127 b	361.22 a
Sx	41.9168	24.445
Sx ²	1,757.02	597.5593
Σx	2,442.13	3,612.20
Σx ²	612,210.62	1,310,176.90
PRUEBA DE “F” FISHER		
FC	2.9403 n/s	
Ft (10-1) TRAT. Y ERROR		
5%	1%	RESULTADOS DE VARIANZA
3.18	5.35	HOMOGENEA
PRUEBA DE “t” ESTUDENT		
Var. med.	1,177.2896	
Error st.	15.3446	
tc.	7.6253**	
TT (ni + nj) – 2		
	5%	1%
	2.101	2.861

Cuadro A- 18 Análisis de varianza de los datos promedio de peso de los peces (gr.), a los 164 días de nacidos.

F de V	G1	Scm	Cm	Fc	5%	1%
Tratamientos	1	68,451.743	68,451.743	58.15**	3.55	6.01
Error	18	21,190.19	1,177.2328			
Total	19	89,643.75				

* En el análisis de varianza a los 164 días de nacidos, uno demostró ser mejor que el otro; según las medias presentadas por cada uno de los tratamientos el T1 demostró ser mejor que el T2 en ganancia de peso.

Cuadro A- 19 Datos promedio de longitud de los peces en centímetros, a los 52 días de nacidos.

OBSERVACION	T1 SUPERMACHO	T2 REVERSADO
I	5.2407	4.81
II	5.0286	4.86
III	5.17	4.61
IV	5.3664	4.76
V	5.1307	4.77
VI	5.1543	4.81
VII	5.5235	4.76
VIII	5.3507	4.62
IX	5.2642	4.91
X	5.6021	4.83
PARAMETROS ESTADISTICOS		
X	5.2831 a	4.77 b
Sx	0.1796	0.0958
Sx ²	0.0322	0.009
Σx	52.8312	47.74
Σx ²	279.4041	227.9934
PRUEBA DE “F” FISHER		
FC	30.1381**	
Ft (10-1) TRAT. Y ERROR		
5%	1%	RESULTADOS DE VARIANZA HETEROGENEA
3.18	5.35	
PRUEBA DE “t” ESTUDENT		
Var media	0.0206	
Error st.	0.064	
tc.	8.0172**	
TT (ni + nj) – 2		
	5%	1%
	2.101	2.861

Cuadro A- 20 Análisis de varianza de los datos promedio de longitud de los peces (cm.), a los 52 días de nacidos.

F de V	G1	Scm	Cm	Fc	5%	1%
Tratamientos	1	1.2961	1.2961	74.4885**	3.55	6.01
Error	18	0.3131	0.0174			
Total	19	1.6092				

* En el análisis de varianza a los 52 días de nacidos, uno demostró ser mejor que el otro; en base a las medias presentadas por cada uno de los tratamientos el T1 demostró ser mejor que el T2 en longitud corporal de los peces.

Cuadro A- 21 Datos promedio de longitud de los peces en centímetros, a los 66 días de nacidos.

OBSERVACION	T1 SUPERMACHO	T2 REVERSADO
I	9.06	7.68
II	8.55	7.78
III	9.33	8.26
IV	9.43	8.29
V	8.33	7.74
VI	9.17	8.19
VII	9.25	8.25
VIII	8.79	8.1
IX	9.24	8.37
X	9.19	8.07
PARAMETROS ESTADISTICOS		
X	9.034 a	8.073 b
Sx	0.36	0.251
Sx ²	0.1296	0.0463
Σx	90.34	80.73
Σx ²	817.298	652.3005
PRUEBA DE “F” FISHER		
FC	17.9301**	
Ft (10-1) TRAT. Y ERROR		
5% 1%	RESULTADOS DE VARIANZA	
3.18 5.35	HETEROGENEA	
PRUEBA DE “t” ESTUDENT		
Var media	0.099	
Error st.	0.139	
tc.	123.07**	
TT (ni + nj) – 2		
	5%	1%
	2.101	2.861

Cuadro A- 22 Análisis de varianza de los datos promedio de longitud de los peces (cm.), a los 66 días de nacidos.

F de V	Gl	Scm	Cm	Fc	5%	1%
Tratamientos	1	4.6149	4.6149	47.9221**	3.55	6.01
Error	18	1.7336	0.0963			
Total	19	6.3485				

* En el análisis de varianza a los 66 días de nacidos, uno demostró ser mejor que el otro; en base a las medias presentadas por cada uno de los tratamientos el T1 demostró ser mejor que el T2 en longitud corporal de los peces.

Cuadro A- 23 Datos promedio de longitud de los peces en centímetros, a los 80 días de nacidos.

OBSERVACION	T1 SUPERMACHO	T2 REVERSADO
I	13.38	11.45
II	11.32	10.96
III	12.9	11.36
IV	13.08	10.65
V	11.89	10.79
VI	12.01	10.94
VII	12.44	9.89
VIII	11.32	11.08
IX	11.94	10.31
X	12.02	10.9
PARAMETROS ESTADISTICOS		
X	12.23 a	10.833 b
Sx	0.706	0.4654
Sx ²	0.4985	0.2166
Σx	122.3	108.33
Σx ²	1,500.22	1,175.49
PRUEBA DE “F” FISHER		
FC	2.3015n/s	
Ft (10-1) TRAT. Y ERROR		
5%	1%	RESULTADOS DE VARIANZA
3.18	5.35	HOMOGENEA
PRUEBA DE “t” ESTUDENT		
Var. media	0.3575	
Error st.	0.2674	
tc.	5.2244**	
TT (ni + nj) – 2		
	5%	1%
	2.101	2.861

Cuadro A- 24 Análisis de varianza de los datos promedio de longitud de los peces (cm.), a los 80 días de nacidos.

F de V	G1	Scm	Cm	Fc	5%	1%
Tratamientos	1	9.7581	9.7581	27.2649**	3.55	6.01
Error	18	6.4421	0.3579			
Total	19	16.2002				

* En el análisis de varianza a los 80 días de nacidos, uno demostró ser mejor que el otro; en base a las medias presentadas por cada uno de los tratamientos el T1 demostró ser mejor que el T2 en longitud corporal de los peces.

Cuadro A- 25 Datos promedio de longitud de los peces en centímetros, a los 94 días de nacidos.

OBSERVACION	T1 SUPERMACHO	T2 REVERSADO
I	15.26	14.2
II	14.55	13.82
III	14.23	14.15
IV	15.62	13.82
V	14.19	13.9
VI	14.53	13.73
VII	14.45	13.67
VIII	14.49	13.61
IX	14.29	13.78
X	15.08	14.09
PARAMETROS ESTADISTICOS		
X	14.741 a	13.847 b
Sx	0.5926	0.2337
Sx ²	0.3511	0.0546
Σx	147.41	138.47
Σx ²	2,176.13	1,917.89
PRUEBA DE “F” FISHER		
FC	6.4304**	
Ft (10-1) TRAT. Y ERROR		
5%	1%	RESULTADOS DE VARIANZA HETEROGENEA
3.18	5.35	
PRUEBA DE “t” ESTUDENT		
Var media	0.2028	
Error st.	0.2012	
tc.	4.443**	
TT (ni + nj) – 2		
	5%	1%
	2.101	2.861

Cuadro A- 26 Análisis de varianza de los datos promedio de longitud de los peces (cm.), a los 94 días de nacidos.

F de V	Gl	Scm	Cm	Fc	5%	1%
Tratamientos	1	3.994	3.994	19.6652**	3.55	6.01
Error	18	3.656	0.2031			
Total	19	7.65				

* En el análisis de varianza a los 94 días de nacidos, uno demostró ser mejor que el otro; en base a las medias presentadas por cada uno de los tratamientos el T1 demostró ser mejor que el T2 en ganancia de peso.

Cuadro A- 27 Datos promedio de longitud de los peces en centímetros, a los 108 días de nacidos.

OBSERVACION	T1 SUPERMACHO	T2 REVERSADO
I	16.98	17.06
II	16.41	16.475
III	15.87	16.36
IV	16.65	16.82
V	15.76	17.195
VI	15.98	16.66
VII	15.51	17.01
VIII	17.42	17.115
IX	17.42	16.79
X	16.27	17.64
PARAMETROS ESTADISTICOS		
X	16.427 a	16.9125 a
Sx	0.6789	0.3749
Sx ²	0.4609	0.1406
Σx	164.27	169.125
Σx ²	2,702.61	2,861.59
PRUEBA DE “F” FISHER		
FC	3.2781*	
Ft (10-1) TRAT. Y ERROR		
5%	1%	RESULTADOS DE VARIANZA HETEROGENEA
3.18	5.35	
PRUEBA DE “t” ESTUDENT		
Var. media	0.3007	
Error st.	0.2453	
tc.	1.9955 n/s	
TT (ni + nj) – 2		
	5%	1%
	2.101	2.861

Cuadro A- 28 Análisis de varianza de los datos promedio de longitud de los peces (cm.), a los 108 días de nacidos.

F de V	Gl	Scm	Cm	Fc	5%	1%
Tratamientos	1	1.1786	1.1786	3.9431*	3.55	6.01
Error	18	5.3801	0.2989			
Total	19	6.5587				

* En el análisis de varianza a los 108 días de nacidos, uno demostró ser mejor que el otro; en base a las medias presentadas por cada uno de los tratamientos el T1 demostró ser mejor que el T2 en longitud corporal de los peces.

Cuadro A- 29 Datos promedio de longitud de los peces en centímetros, a los 122días de nacidos.

OBSERVACION	T1 SUPERMACHO	T2 REVERSADO
I	19.38	19.945
II	18.04	19.015
III	18.91	19.885
IV	18.07	19.585
V	17.45	20.285
VI	16.15	19.605
VII	18.21	19.88
VIII	18.82	19.715
IX	18.31	19.505
X	18.33	19.975
PARAMETROS ESTADISTICOS		
X	18.167 b	19.739 a
Sx	0.8886	0.3429
Sx ²	0.7896	0.1176
Σx	181.67	197.395
Σx ²	3,307.51	3,897.54
PRUEBA DE “F” FISHER		
FC	0.17 n/s	
Ft (10-1) TRAT. Y ERROR		
5%	1%	RESULTADOS DE VARIANZA HOMOGENEA
3.18	5.35	
PRUEBA DE “t” ESTUDENT		
Var media	0.4536	
Error st.	0.3012	
tc.	5.2191**	
TT (ni + nj) – 2		
	5%	1%
	2.101	2.861

Cuadro A- 30 Análisis de varianza de los datos promedio de longitud de los peces (cm.), a los 122 días de nacidos.

F de V	Gl	Scm	Cm	Fc	5%	1%
Tratamientos	1	12.4428	12.4428	27.6753**	3.55	6.01
Error	18	8.0935	0.4496			
Total	19	20.5363				

* En el análisis de varianza a los 122 días de nacidos, uno demostró ser mejor que el otro; en base a las medias presentadas por cada uno de los tratamientos el T1 demostró ser mejor que el T2 en longitud corporal de los peces.

Cuadro A- 31 Datos promedio de longitud de los peces en centímetros, a los 136 días de nacidos.

OBSERVACION	T1 SUPERMACHO	T2 REVERSADO
I	20.26	22.33
II	20.05	21.69
III	21.79	21.975
IV	20.63	21.54
V	20.67	22.26
VI	18.81	20.64
VII	20.39	21.99
VIII	20.69	21.67
IX	20.72	21.5
X	20.26	21.94
PARAMETROS ESTADISTICOS		
X	20.427 b	21.7535 a
Sx	0.7399	0.4818
Sx ²	0.5474	0.2322
Σx	204.27	217.536
Σx ²	4,177.55	4,734.24
PRUEBA DE “F” FISHER		
FC	2.3574n/s	
Ft (10-1) TRAT. Y ERROR		
5%	1%	RESULTADOS DE VARIANZA HOMOGENEA
3.18	5.35	
PRUEBA DE “t” ESTUDENT		
Var. media	0.3896	
Error st.	0.2791	
tc.	4.7528**	
TT (ni + nj) – 2		
	5%	1%
	2.101	2.861

Cuadro A- 32 Análisis de varianza de los datos promedio de longitud de los peces (cm.), a los 136 días de nacidos.

F de V	G1	Scm	Cm	Fc	5%	1%
Tratamientos	1	8.7960	8.7960	22.6876**	3.55	6.01
Error	18	6.9789	0.3877			
Total	19	15.7749				

*En el análisis de varianza a los 136 días de nacidos, uno demostró ser mejor que el otro; en base a las medias presentadas por cada uno de los tratamientos el T1 demostró ser mejor que el T2 en ganancia de peso.

Cuadro A- 33 Datos promedio de longitud de los peces en centímetros, a los 150 días de nacidos.

OBSERVACION	T1 SUPERMACHO	T2 REVERSADO
I	21.58	23.16
II	21.95	23.58
III	21.9	24.15
IV	21.56	24.45
V	21.99	24.6
VI	21.04	24.5
VII	21.51	24.25
VIII	21.61	23.17
IX	22.02	23.96
X	22.06	24.14
PARAMETROS ESTADISTICOS		
X	21.722 b	23.95 a
Sx	0.321	0.4964
Sx ²	0.103	0.2464
Σx	217.22	239.51
Σx ²	4,719.38	5,738.72
PRUEBA DE “F” FISHER		
FC	5.3048*	
Ft (10-1) TRAT. Y ERROR		
5%	1%	RESULTADOS DE VARIANZA HETEROGENEA
3.18	5.35	
PRUEBA DE “t” ESTUDENT		
Var. media	0.1747	
Error st.	0.1868	
tc.	11.9272**	
TT (ni + nj) – 2		
	5%	1%
	2.101	2.861

Cuadro A- 34 Análisis de varianza de los datos promedio de longitud de los peces (cm.), a los 150 días de nacidos.

F de V	Gl	Scm	Cm	Fc	5%	1%
Tratamientos	1	24.8422	24.8422	142.2806**	3.55	6.01
Error	18	3.1432	0.1746			
Total	19	27.9854				

* En el análisis de varianza a los 150 días de nacidos, uno demostró ser mejor que el otro; en base a las medias presentadas por cada uno de los tratamientos el T1 demostró ser mejor que el T2 en longitud corporal de los peces.

Cuadro A- 35 Datos promedio de longitud de los peces en centímetros, a los 164 días de nacidos.

OBSERVACION	T1 SUPERMACHO	T2 REVERSADO
I	23.38	25.19
II	23.78	25.22
III	23.87	25.51
IV	23.73	24.86
V	21.72	25.32
VI	24.41	25.06
VII	21.92	24.33
VIII	23.39	25.58
IX	23.12	26.46
X	24.18	25.56
PARAMETROS ESTADISTICOS		
X	23.35 b	25.363 a
Sx	0.8925	0.5517
Sx ²	0.7966	0.3044
Σx	233.5	243.63
Σx ²	5,459.39	6,435.56
PRUEBA DE “F” FISHER		
FC	2.6169n/s	
Ft (10-1) TRAT. Y ERROR		
5%	1%	RESULTADOS DE VARIANZA HOMOGENEA
3.18	5.35	
PRUEBA DE “t” ESTUDENT		
Var. media	0.5505	
Error st	0.3318	
tc.	6.0669**	
TT (ni + nj) – 2		
	5%	1%
	2.101	2.861

Cuadro A - 36 Análisis de varianza de los datos promedio de longitud de los peces (cm.), a los 164 días de nacidos.

F de V	Gl	Scm	Cm	Fc	5%	1%
Tratamientos	1	5.13	5.13	0.18**	3.55	6.01
Error	18	507.17	28.176			
Total	19	512.3				

* En el análisis de varianza a los 164 días de nacidos, uno demostró ser mejor que el otro; en base a las medias presentadas por cada uno de los tratamientos el T1 demostró ser mejor que el T2 en longitud corporal de los peces.

Cuadro A- 37 Datos promedio de ganancia diaria de peso (gr.), para ambos tratamientos.

OBSERVACION	T1 SUPERMACHO	T2 REVERSADO
66	0.60	0.57
80	1.75	1.00
94	2.0	2.88
108	2.26	3.88
122	2.13	4.56
136	2.86	4.25
150	2.39	4.45
164	3.03	4.09
PARAMETROS ESTADISTICOS		
X	2.14	3.21
Sx	0.7236	1.5869
Sx ²	0.5231	2.5182
Σx	17.11	25.68
Σx ²	40.256	100.06
PRUEBA DE “F” FISHER		
FC	4.8139n/s	
Ft (8-1) TRAT. Y ERROR		
5%	1%	RESULTADOS DE VARIANZA HOMOGENEA
5.59	12.25	
PRUEBA DE “t” ESTUDENT		
Var. media	1.5203	
Error st	0.3318	
tc.	1.7356n/s	
TT (ni + nj) – 2		
	5%	1%
	2.365	3.499

Cuadro A-38 Tabla de alimentación para tilapia (Cultivo semi-intensivo - intensivo).

Edad (semanas)	Peso promedio (gramos)	Crecimiento diario (gramos/ día)	Alimento diario (% de peso)	Conversión Alimenticia
0	1		15	0.83
1	3	0.27	10	0.85
2	5	0.27	8	0.85
3	7	0.34	5.8	0.86
4	10	0.36	5.7	0.90
5	13	0.46	5.5	0.90
6	17	0.58	5.1	0.90
7	22	0.71	5.1	0.91
8	29	0.93	5.0	0.95
9	37	1.14	4.5	0.98
10	46	1.29	4.3	0.98
11	56	1.51	4.2	1.00
12	69	1.79	4.1	1.03
13	83	2.07	4.0	1.03
14	100	2.43	4.0	1.10
15	120	2.85	3.5	1.15
16	140	2.86	3.4	1.15
17	162	3.14	3.2	1.25
18	184	3.14	2.9	1.25
19	207	3.29	2.8	1.26
20	231	3.43	2.6	1.28
21	256	3.57	2.4	1.28
22	282	3.71	2.3	1.28
23	309	3.85	2.2	1.30
24	337	4.0	2.1	1.37
25	355	4.0	1.9	1.37
26	393	4.0	1.8	1.37
27	422	4.14	1.7	1.37
28	451	4.14	1.6	1.37
29	480	4.14	1.5	1.34
30	509	4.14	1.4	1.34
31	538	4.14	1.4	1.35
32	567	4.14	1.4	1.45
33	596	4.14	1.4	1.45
34	629	4.14	1.3	1.47
35	654	4.14	1.2	1.49
36	683	4.14	1.0	1.65