



# UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE BIOLOGIA

PROGRAMA INSTITUCIONAL DE POSGRADO

“DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE TRES VARIEDADES DE  
TILAPIA (*Oreochromis niloticus*)”

## **T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

ÁREA: ECOLOGIA Y CONSERVACION

PRESENTA

**BIÓL. ISAAC CHACÓN GÓMEZ**

DIRECTOR DE TESIS

**ANTONIO CAMPOS MENDOZA**

Morelia, Michoacán. Agosto de 2012



FACULTAD  
DE  
BIOLOGÍA

## Tabla de contenido

1.	INTRODUCCIÓN .....	1
2.	ANTECEDENTES.....	4
2.1	Requerimientos de la calidad del agua para el cultivo de la tilapia .....	9
3.	HIPÓTESIS DE TRABAJO .....	11
4.	OBJETIVO GENERAL.....	11
4.1	Objetivos particulares .....	11
5.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
5.1	Localización .....	12
5.2	Instalaciones .....	12
5.3	Variables físico-químicas del agua .....	14
5.4	Diseño experimental.....	14
5.5	Procedimiento experimental .....	15
5.5.1	Obtención de cría .....	15
5.5.2	Planeación del cultivo .....	15
5.5.3	Determinación de desempeño productivo .....	17
6.	RESULTADOS .....	20
6.1	Parámetros fisicoquímicos .....	20
6.2	Desempeño productivo.....	22
7.	DISCUSIÓN.....	28
8.	CONCLUSIONES .....	35
9.	RECOMENDACIONES.....	36
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	38
	ANEXO 1 .....	47

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de la estanquería y flujo de agua de entrada a los estanques del sistema de recirculación de agua externo del Laboratorio de Biología Acuática de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo. ....	13
Figura 2 (a y b). Estanques de la quinta hilera del sistema de recirculación de agua externo del Laboratorio de Biología Acuática de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo. ....	13
Figura 3 Distribución de las replicas de <i>O. niloticus</i> . ....	14
Figura 4 Comportamiento de la temperatura a lo largo de un cultivo de 152 días (julio-diciembre).(CHI: Chitralada; STR: Stirling y SUP: Supermachos). ....	21
Figura 5 Comportamiento del oxígeno disuelto durante el periodo experimental. (CHI: Chitralada; STR: Stirling y SUP: Supermachos). ....	21
Figura 6 Comportamiento de las variables de salinidad, sólidos disueltos totales y amonio durante el periodo experimental. (TDS: Solidos disueltos totales; SAL: Salinidad y NH4: Amonio) ....	22
Figura 7 Peso ganado (crecimiento) de las tres líneas de <i>Oreochromis niloticus</i> cultivadas por 152 días en un sistema de recirculación de agua. ....	24
Figura 8 Dispersión de pesos finales de la línea Stirling cultivados durante 152 días bajo condiciones intensivas en un sistema de recirculación de agua. ....	25
Figura 9 Dispersión de pesos finales de la línea Chitralada cultivados durante 152 días bajo condiciones intensivas en un sistema de recirculación de agua. ....	25
Figura 10 Dispersión de pesos finales de la línea Supermachos cultivados durante 152 días bajo condiciones intensivas en un sistema de recirculación de agua. ....	26

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Parámetros óptimos para el cultivo de la tilapia (Valores de referencia provenientes de ISA, 2011). ....	10
Tabla 2 Tabla de temperatura y oxígeno disuelto registrados durante el cultivo de tres variedades de tilapia nilótica. ....	20
Tabla 3 Variables productivas evaluadas durante el cultivo de 152 días de las tres diferentes líneas de <i>Oreochromis niloticus</i> . ....	23

## 1. INTRODUCCIÓN

El grupo de las tilapias ocupa el segundo lugar mundial de producción por acuicultura (FAO, 2008, 2010). En la década de los 90's su producción alcanzaba 830,000 toneladas (t) (FAO, 1999); en el 2002 se incrementó a 1, 500,000 t (FAO, 2002), en el 2003 a más de 2, 000,000 t y para 2004 a más de 2, 500,000 t; actualmente esta producción continua expandiéndose (Fitzsimmons, 2003; Fitzsimmons y González, 2005; FAO, 2009). Entre los factores que han promovido dicho incremento se encuentra el creciente decline de las pesquerías, la mejora en el manejo de la biotecnología del cultivo (FAO, 2004; 2008) y las políticas de impulso a la acuicultura (SAGARPA, 2008), otros factores importantes son la buena rentabilidad del cultivo de tilapia, la cual es el resultado de su alta tasa de crecimiento, tolerancia fisiológica, su adaptabilidad a variables ambientales y resistencia al manejo (Morales-Díaz, 1991; Muñoz-Córdoba y Garduño-Lugo, 1994; DeWandel, 1995; Macintosh y Little, 1995; Pompa y Masser, 1999; Ross, 2000; Alceste *et al.*, 2001; Watanabe *et al.*, 2002; Arredondo-Figueroa y Lozano, 2003; Castro-Rivera *et al.*, 2004). Adicionalmente la tilapia presenta una gran aceptación en el mercado debido a presentar buena talla y buen sabor; por lo cual, hoy su consumo, precio y perspectivas futuras han aumentado significativamente (DeWandel, 1995; Garduño-Lugo *et al.*, 2003; Josupeit, 2007).

Las tilapias fueron introducidas a México en 1964 (Arredondo-Figueroa y Lozano, 2003) y a partir de entonces su acuicultura ha aumentando continuamente. Durante 1996, México fue el mayor productor de tilapia en América, con 94,279 t (Fitzsimmons, 2000). En el 2006, nuestro país contribuyó con el 2.5 % de la producción mundial de tilapia (FIGIS, 2006). Y aunque diversos autores (Banco Mundial, 1997; Morales-Díaz, 1991; Pullin *et al.*, 1997; Ramírez y Sánchez, 1997; Álvarez-Torres *et al.*, 1999; Fitzsimmons, 2000; Castañeda-Castillo, 2003). Sin embargo, esto no ocurrió e incluso; entre 1990 y 2003 se produjo una disminución de la producción de la tilapia; la cual se atribuyó principalmente a la reducción de las capturas del sector pesquero, pero también a

un descenso en la acuicultura (caída del 27.6 y 50.8 % respectivamente). En la actualidad México no es capaz de satisfacer la demanda de tilapia en el mercado interno, por lo que ha tenido que recurrir a la importación (Hartley-Alcocer, 2007). En el 2006, México fue el segundo importador mundial de tilapia de China, con 33,000 t (Josupeit, 2007).

No obstante, el importante volumen de importaciones de tilapia, en el 2003 la producción nacional se encontraba entre los primeros lugares de producción reportados para la acuicultura de nuestro país (SAGARPA, 2003). En ese mismo año, el volumen de la producción acuícola de la tilapia (incluyendo a la mojarra) fue de 58,660 t con un valor de 57.6 millones de dólares americanos. Mientras que en la producción de las pesquerías derivadas de la acuicultura, la mojarra estuvo dentro de las especies que presentaron mayor aportación productiva al brindar 60,551 t (peso vivo) (SAGARPA, 2003).

De las especies de tilapia existentes en México, *Oreochromis niloticus* y *O. aureus* son las más adecuadas para su cultivo en aguas continentales. De toda la tilapia cultivada comercialmente en México, la tilapia del Nilo (*O. niloticus*) abarca más del 90% (Morales-Díaz, 1991; Pompa y Messer, 1999; Castillo-Campo, 2006; 2008). Las principales líneas de la tilapia del Nilo cultivadas en México son: Chitralada, GIFT, PARGO-UNAM, Rocky Mountain, Stirling, Supermachos, líneas rojas y varios híbridos, etc.) (SAGARPA, 2008; COMPECA, 2010a; COMPECA, 2010b).

El creciente interés en la acuicultura de la tilapia propició el surgimiento de programas designados a mejorar su productividad (Eknath y Acosta, 1998; Ponzoni *et al.*, 2005; Rutten *et al.*, 2005; Malawua y Gjerde, 2006). La mayoría de estas líneas de tilapia del Nilo se desarrollaron por medio de selección artificial (FAO, 2004); y se tomaron en cuenta las características que promovieran y favorecieran su cultivo y por ende aumentarían la rentabilidad (Gjedrem, 1997; 2000; Castillo-Campo, 2006, 2008). Las principales características elegidas para los programas de mejoramiento son: coloración atractiva, crecimiento acelerado, resistencia a bajas temperaturas y enfermedades, mayor supervivencia, mejor

tasa de conversión alimenticia y mayor retención de energía y proteínas (Arredondo-Figueroa y Lozano, 2003; Castillo-Campo, 2006; 2008).

Asimismo, se ha trabajado con métodos de producción de poblaciones monosexo (resultados del sexado manual, hibridación interespecifica, reversión sexual por hormonas y recientemente a través de la aplicación de la tecnología de GTM-YY o Supermachos (Beardmore *et al.*, 2001)). Sin embargo, los resultados de cada uno de ellos no son consistentes en la literatura.

En el presente trabajo se evaluó el desempeño productivo de tres diferentes líneas de *Oreochromis niloticus*: a) la línea Chitralada (hormonada y sometida a selección artificial), b) línea Stirling Blond (hormonada y sin selección artificial) y c) línea GTM-YY o Supermachos (tecnología GTM-YY y sometida a selección artificial), cultivadas en un sistema de recirculación de agua.

## 2. ANTECEDENTES

El creciente interés en la acuicultura de la tilapia propició el surgimiento de programas designados a mejorar su productividad (Eknath y Acosta, 1998; Ponzoni *et al.*, 2005; Rutten *et al.*, 2005; Malawua y Gjerde, 2006). Las primeras investigaciones sobre mejoramiento genético en tilapia se enfocaron en hibridación interespecífica e intergenérica. Estos estudios se generaron como respuesta al déficit del suministro de semilla y al deterioro del desempeño productivo de los peces. Posteriormente, los resultados de los estudios de caracterización genética demostraron que la calidad genética de las tilapias cultivadas en Filipinas y otros lugares era bastante deficiente (Macaranas *et al.*, 1986; Pullin, 1988; Pullin y Capili, 1988). Lo anterior provocó un cambio en la orientación de las investigaciones y desarrollo tecnológico, las cuales a partir de ese momento se enfocaron a desarrollar variedades que incrementaran su desempeño productivo en distintos ambientes de cultivo (Acosta, 2009).

La mayoría de estas líneas de tilapia del nilotica se desarrollaron por medio de selección artificial (FAO, 2004); para ello se tomó en cuenta las características que promovieran y favorecieran su cultivo y por ende aumentarían la rentabilidad (Gjedrem, 1997; 2000; Castillo-Campo, 2006, 2008). Las principales características elegidas para los programas de mejoramiento son: coloración atractiva, crecimiento acelerado, resistencia a bajas temperaturas y enfermedades, mayor supervivencia, mejor tasa de conversión alimenticia y mayor retención de energía y proteínas (Arredondo-Figueroa y Lozano, 2003; Castillo-Campo, 2006; 2008). Asimismo, se ha trabajado con métodos de producción de poblaciones monosexos tales como el sexado manual, hibridación interespecífica, reversión sexual por hormonas y recientemente a través de la aplicación de la tecnología de GTM-YY o Supermachos (Beardmore *et al.*, 2001).

En este momento las principales líneas de tilapia resultantes de los programas de mejora genética son: la GIFT-GST, GET-Excel, GMT-YY o Supermachos, FaST, Chitralada y la variedad israelita ND56 (Castillo-Campos,

2008; Acosta, 2009). Estos programas de selección se han realizado en el extranjero, principalmente en Asia con colaboración de instituciones europeas. Sin embargo, los resultados de cada uno de ellos no son consistentes en la literatura.

De las líneas antes citadas la Chitralada, GIFT y la GMT-YY han sido importadas para su cultivo en México. La importación de líneas mejoradas se ha llevado a cabo con objetivo de obtener los mismos resultados productivos que dichas líneas de tilapia exhibieron en su región de origen; la cual goza de un clima cálido (AFSAGA, 2011).

La línea se desarrolló a partir de su introducción en 1965 al palacio Chitralada, Tailandia (del cual toma su nombre); cuando el príncipe heredero de Japón obsequio 50 tilapias al Rey Bhumipol. No fue sino hasta que la National Inland Fisheries Institute de Tailandia dio a conocer al sector productivo la generación F2 llamada AIT (Asian Institute of Technology), posteriormente conocida como *O. niloticus* línea Chitralada. Esta línea tiene una coloración que tiende a ser más pálida que la GIFT e incluso un poco achocolatada (Figura 1).

La línea Stirling (Figura 2) es considerada la línea silvestre de *Oreochromis niloticus*, (Bentsen, 1998; Garduño-Lugo *et al.*, 2003; Eknatha *et al.*, 2007; Khaw, 2006; Penman y McAndrew, 2000; Perschbacher, 2007; Ponzoni, 2005; Ridha, 2005). Su introducción a México se realizó en 1978, con crías procedentes de Panamá que fueron depositadas en la Estación Piscícola Temascal, Oaxaca (Arredondo-Figueroa y Lozano, 2003). La denominada Tilapia Stirling Blond surge de una selección hacia el color rosado

Actualmente la industria del cultivo de la tilapia está adoptando uno de los avances más recientes que involucran el uso de población de progenie masculina YY conocidos como Supermachos, los cuales engendran una progenie de proporciones sexuales superiores al 95% de machos (figura 3). Estas progenies son denominadas Tilapia Genéticamente Macho (GTM) o Tilapia Supermacho; la descendencia son peces normales y no son organismos genéticamente modificados (GMO's). Los tratamientos de hormonas utilizados como parte del proceso para producir machos YY, se encuentran a dos generaciones atrás de los peces que son consumidos (ISA, 2011).

En la actualidad, las tilapias Supermachos YY han demostrado ser peces excelentes para su producción tanto en sistemas intensivos como extensivos. Hoy se cultivan en más de 20 países de todo el mundo. Los machos YY resultan ser tan viables y fértiles como los machos normales (Mair *et al.*, 1995; Perschbacher, 2007).

A la par del desarrollo de cada una de las líneas con mejoramiento genético se realizaron sus respectivas evaluaciones y comparaciones del desempeño productivo en diferentes condiciones ambientales de cultivo y sistemas de producción.

El desempeño productivo entre especies, híbridos y líneas de tilapia se ha comparado anteriormente, con la finalidad de conocer cuál de ellas tiene el mayor potencial para su cultivo en diversas condiciones de cultivo. Una de estas evaluaciones se realizó con *O. niloticus*, *O. mossambicus* y su híbrido cultivados en estanques rústicos, localizados en el estado de Veracruz, México. El cultivo de 153 días que incluyeron las estaciones de otoño e invierno, con bajas temperaturas, resultó en la disminución en el consumo voluntario por los peces. Aún así, el híbrido y *O. niloticus* registraron ganancias aceptables de peso, no así para *O. mossambicus*. Al final del experimento solo se encontraron diferencias entre los pesos finales del híbrido y *O. mossambicus* (Garduño-Lugo y Muñoz-Córdova, 1994).

En la comparación del crecimiento entre la línea Stirling y el híbrido de la tilapia roja de florida X *O. niloticus* Stirling roja, cultivadas por 98 días en estanques de concreto. Se observó que el crecimiento de los grupos fue similar, aunque algunos parámetros como la ganancia de peso y la tasa de crecimiento fueron más favorables para la línea Stirling (Garduño-Lugo *et al.*, 2003).

En el cultivo de la tilapia se utilizan métodos para producir poblaciones monosexo, tales como: el sexado manual, la hibridación interespecífica, el hormonado y la tecnología GMT-YY (Bearmore *et al.*, 2001), entre los estudios comparativos se trabajó contrastando el desempeño productivo de tilapias GMT, tilapias hormonadas y tilapias mixtas provenientes de la tilapia línea egipcia

“Swansea” en tres ambientes diferentes (Mair *et al.*, 1995). De igual modo, tilapias provenientes de la Universidad de Arkansas de Pine Bluff (UAPB) fueron evaluadas en un sistema de recirculación de agua y también en jaulas flotantes a diferentes tasas de alimentación (Perschbacher, 2007).

Los resultados en ambos casos mostraron que la línea GMT obtuvo los mejores rendimientos, tanto en estanques rústicos, en plantíos de arroz, jaulas flotantes y en sistemas de recirculación de agua (Mair *et al.*, 1995; Perschbacher, 2007). En función de estos estudios, se señaló que los machos provenientes de la tecnología GMT-YY tienen un potencial considerable para incrementar los rendimientos del cultivo de tilapia. Por su parte los peces de poblaciones GMT cuando son comparados con poblaciones mixtas, alcanzan a crecer a una talla mayor, tienen mayor sobrevivencia y producen incrementos productivos significativos (Mair *et al.*, 1995).

En otras líneas de tilapia, también se han realizado estudios comparativos similares. Por ejemplo se comparó el desempeño productivo de la línea GIFT con tilapias GMT, hormonadas y mixtas cultivadas en jaulas dentro de un estanque de rústico. Al término del experimento (141 días) el peso y la longitud final entre los diferentes tratamientos resultaron similares. Sin embargo, a pesar de que los pesos al tiempo de la cosecha no tuvieron diferencias significativas, la distribución de pesos en las tilapias GMT-YY presentaba una mayor proporción de peces de mayor talla (Kamaruzzaman *et al.*, 2009).

Algunos estudios (Machintosh *et al.*, 1988; Little *et al.*, 2003) reportan que la tilapia del Nilo tratada con 17- $\alpha$ -metyl-testosterona a través del alimento tiene mayores rendimientos o tasas de crecimiento que las poblaciones mixtas. Lo mismo pasa con tilapias GMT-YY, las cuales pueden crecer hasta un 58% más que las tilapias mixtas (Mair *et al.* 1995; 1997). Estos resultados fueron diferentes a los encontrados en la línea GIFT, ya antes mencionados (Kamaruzzaman *et al.*, 2009). Al comparar el peso ganado en las tilapias GMT respecto a las tilapias hormonadas de la línea egipcia “Swansea”, ambas obtuvieron valores similares (Tuan *et al.*, 1998).

El correcto manejo de la alimentación y de la dieta es otro componente importante del desempeño productivo, sobre el cual se han realizado experimentos dentro de jaulas en de estanques rústicos. En estos se sembraron crías de  $16.0 \pm 4.9$  gramos a una densidad de 170 peces/m<sup>3</sup>, dichos organismos fueron alimentados en diferentes frecuencias de alimentación. El cultivo comprendió 4 meses durante el periodo de otoño-invierno, lo cual provocó un descenso en la temperatura hacia la etapa final del cultivo así como variaciones en los niveles de oxígeno disuelto. Al final del cultivo, se confirmó que una alta frecuencia de alimentación mejora el desempeño productivo en tilapias e incluso genera una mayor uniformidad en las tallas de los peces.

Por otro lado, el efecto de la ración alimenticia en el crecimiento de juveniles de *O. aureus* bajo condiciones de laboratorio no mostraron diferencias significativas en el crecimiento específico. Sin embargo, la conversión alimenticia y obtenida al 6 % de la biomasa total sugiere una mejor eficiencia en el aprovechamiento del alimento.

Las investigaciones acerca del desempeño productivo de las diferentes especies, líneas e híbridos de tilapia se llevan a cabo para validar la viabilidad y rentabilidad del cultivo.

Debido a que uno de los principales objetivos que persigue la acuicultura es una alta rentabilidad del cultivo. Porque las características productivas de cada especie definen ciertos costos a lo largo del cultivo y sus características comerciales (i.e. palatabilidad, textura, coloración y presentación del producto) implican el margen de ganancias obtenibles al finalizar el ciclo productivo.

*O. niloticus* posee una gran cantidad de líneas que han sido sometidas al mejoramiento genético y a diferentes técnicas de hormonado. Sin embargo, estos programas de mejoramiento genético se desarrollaron y validaron en el extranjero. Adicionalmente, se sabe que los resultados de desempeño productivo de las especies suelen variar de un ambiente a otro. Por dicho motivo se hace necesario realizar un estudio para evaluar el desempeño productivo de la tilapia bajo las condiciones locales en las que la acuicultura regional se desarrolla.

Asimismo, el evaluar y comparar el desempeño productivo de la línea Stirling bajo condiciones locales permitirá conocer los rasgos productivos que se debe optimizar en un futuro programa de mejoramiento genético enfocado a las características ambientales de México.

## **2.1 Requerimientos de la calidad del agua para el cultivo de la tilapia**

Las tilapias tienen un intervalo de tolerancia de temperatura comprendido entre 12 a 42 °C, con una temperatura óptima entre 28 a 31 °C. Respecto a la concentración de oxígeno, las tilapias crecen bien con una concentración de oxígeno de 5 mg/l, aunque soportan concentraciones bajas (0.5 mg/l) (Kubitza, 2000; ISA, 2011). A pesar de lo anterior, condiciones subóptimas provocan estrés, lo cual retrasa el crecimiento en diversos grados, reduce la resistencia inmunológica y genera alteraciones branquiales que facilitan la incidencia de enfermedades y el incremento de las mortandades, disminuyendo así la rentabilidad del cultivo (Wedemeyer, 1996; Timmons *et al.*, 2002).

En la tabla 1 se muestran los valores óptimos de calidad del agua para el cultivo de la tilapia.

Tabla 1 Parámetros óptimos para el cultivo de la tilapia (Valores de referencia provenientes de ISA, 2011).

Parámetro	Valores óptimos
Oxígeno Disuelto (OD)	3 a 10 mg/l
Temperatura	24 a 32 °C
pH	6.5 a 8.5
Amonio Total	<2.0 mg/l
Turbidez (Disco Secchi)	30 a 40 cm
Sólidos disueltos	0 a 30 mg/l

### **3. HIPÓTESIS DE TRABAJO**

H<sub>0</sub>: No existe diferencia significativa en el desempeño productivo entre la tilapia nilótica línea Chitralada, línea Stirling “Blond” y la línea Supermacho cuando se cultivan bajo las mismas condiciones.

### **4. OBJETIVO GENERAL**

Determinar y comparar el desempeño productivo a lo largo de 152 días de cultivo, de tres variedades de *Oreochromis niloticus* (Chitralada, Stirling y Supermachos) cultivadas en un sistema de recirculación de agua.

#### **4.1 Objetivos particulares**

Determinar el desempeño productivo de tres líneas de *O. niloticus* (Chitralada, Stirling y Supermachos) a lo largo de 152 días de cultivo utilizando los parámetros de:

- ganancia de peso
- ganancia en peso promedio diario
- incremento en longitud estándar
- factor de condición corporal
- tasa de crecimiento específica
- factor de conversión alimenticia y
- la tasa de supervivencia.

## **5. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1 Localización**

El estudio se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Biología Acuática de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás (UMSNH), ubicado en el municipio de Morelia, Michoacán. El municipio se encuentra a una altitud de 1800 msnm, presenta un clima templado subhúmedo con humedad media, la temperatura promedio anual es de 17,5 °C con máximas de 28 °C y mínimas de 6 °C y una precipitación de 774 mm anuales (INEGI, 2005).

### **5.2 Instalaciones**

Para este estudio se seleccionó el sistema de recirculación de agua a cielo abierto, el cual forma parte del Laboratorio de Biología Acuática. Dicho sistema tiene una capacidad de 100 m<sup>3</sup> de estanquería, distribuidos en 5 hileras de estanques rectangulares de concreto (Figura 1). El agua que abastece al sistema de recirculación proviene de un pozo profundo ubicado dentro de Ciudad Universitaria. Esta agua llega a un tanque elevado de concreto que por gravedad surte a todo el sistema de cultivo

Para el cultivo experimental se emplearon 9 estanques de 2 m<sup>3</sup> cada uno (Figura 2). Todos los estanques están conectados a un sistema de filtración mecánico-biológico en el cual se recircula el agua con ayuda de una bomba hidráulica de un caballo de fuerza (1 hp) brindando una recirculación constante de 15 L por minuto a cada estanque, lo que equivale a 10.8 recambios de agua totales diarios. Este sistema de aireación consta de una bomba sopladora de 2 hp que provee aire a presión las 24 horas del día al interior de cada estanque a través de piedras difusoras de aire. En cada estanque se coloraron 2 piedras difusoras Sweetwater de poro mediano (5.0 x 2.5 cm).

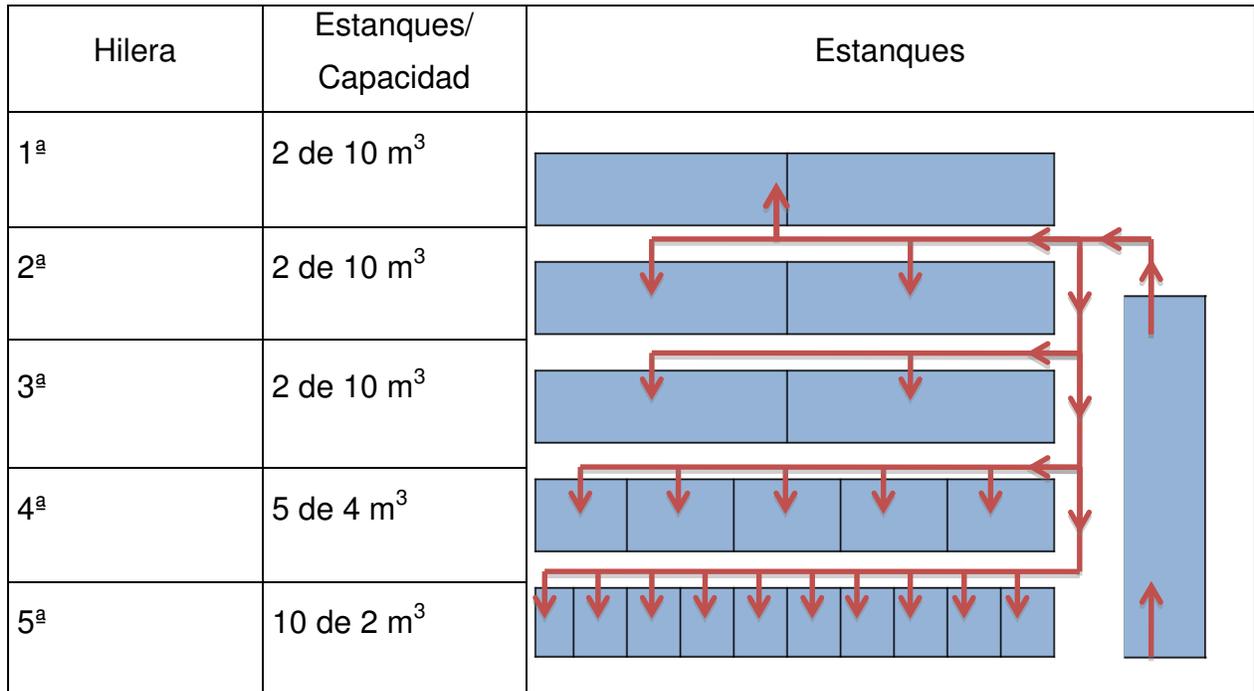


Figura 1 Diagrama de la estanquería y flujo de agua de entrada a los estanques del sistema de recirculación de agua externo del Laboratorio de Biología Acuática de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo.



2a



2b

Figura 2 (a y b). Estanques de la quinta hilera del sistema de recirculación de agua externo del Laboratorio de Biología Acuática de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo.

### 5.3 Variables físico-químicas del agua

Las variables físico-químicas se registraron diariamente con un oxímetro (marca Yellow Spring Instruments (YSI) modelo 85) fueron: la temperatura y el oxígeno disuelto en el agua (en mg/L). Estos parámetros fueron medidos tres veces al día (10:00, 14:00 y 18:00 horas) y posteriormente, se obtuvo el promedio diario de cada una de ellas. Estas se reportaron como temperatura media diaria del agua (TMD) y la concentración promedio diario de oxígeno disuelto en el agua.

Una vez a la semana a las 10:00 am, se registraron los valores de conductividad, salinidad, pH y amonio con ayuda de un equipo multiparametrico (marca Yellow Spring Instrument modelo 6820 v2). La transparencia del agua se registró con un disco Secchi a las 14.00 hrs. Estas actividades se realizaron antes de brindar alimento a los peces para evitar estrés en los mismos.

### 5.4 Diseño experimental

El diseño experimental comprendió el cultivo de tres líneas de tilapia (Chitralada, GIF y Supermachos) cada una con tres replicas; las cuales se distribuyeron completamente al azar. La distribución de las replicas queda ilustrada en la figura 3.

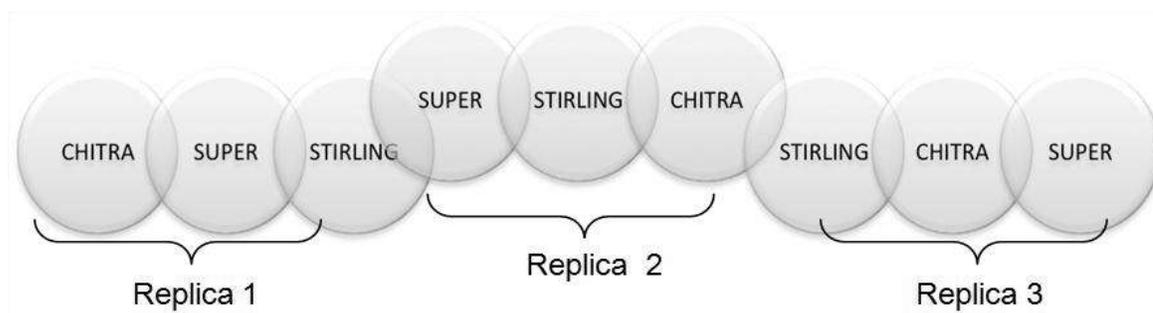


Figura 3 Distribución de las replicas de *O. niloticus*.

## **5.5 Procedimiento experimental**

### **5.5.1 Obtención de cría**

Los tratamientos corresponden a tres grupos genéticos de tilapia del Nilo gris (*Oreochromis niloticus*): línea Chitralada, línea “Stirling Blond” y la línea Supermachos (YY).

El 5 de junio del 2011 arribaron a las instalaciones del Laboratorio de Biología Acuática de la UMSNH más de 13,000 crías de tilapia Stirling “Blond” procedentes de la empresa Acuícola S.A de C.V de Colima, Colima. Estas crías con aproximadamente 15 días de vida, aun no terminaban el proceso de reversión sexual. Dicho proceso fue completado dentro de las instalaciones del Laboratorio empleando el alimento hormonado que proporcionado por la misma empresa.

Posteriormente, el 23 de Julio del mismo año se transportaron 1,500 crías de tilapia hormonada línea Chitralada procedente de la Granja Acuícola Achitralada, de El Grullo, Jalisco y 1,500 crías de tilapia Supermacho provenientes de la empresa Til-Gen de México ubicados en Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco. De acuerdo a los productores, la edad de ambos lotes era de aproximadamente 60 días. En la fecha de arribo de estas líneas, los peces de Stirling tenían cerca de 64 días de vida.

### **5.5.2 Planeación del cultivo**

El cultivo de tilapia comprendió tres fases: aclimatación, engorda y cosecha.

#### **Fase I: Aclimatación**

La finalidad de esta fase fue aclimatar a todos los peces de recién ingreso a las condiciones físico-químicas del sistema de recirculación de agua y al alimento comercial antes de pasar a la fase de engorda.

Las densidades iniciales a las que se mantuvieron según la disponibilidad de espacio en esos momentos fueron:

- Chitralada 0.36 peces / m<sup>3</sup>
- Stirling, 1.15 peces / m<sup>3</sup>
- Supermachos a 0.21 peces / m<sup>3</sup>

La duración de esta fase para la línea Stirling fue de 65 días, mientras que para Chitralada y Supermachos fue de 23 y 17 días respectivamente.

Durante la fase de aclimatación se ofreció alimento balanceado marca Nutripec<sup>®</sup> de Purina<sup>®</sup>. El contenido nutricional era del 44% de proteína y 15% de grasa, el tamaño del pellet fue de 1.5 mm. La alimentación se suministró en ocho raciones diarias, a saciedad aparente para garantizar que los animales se alimentaran sin restricción.

#### Fase II: Engorda.

Para la fase de engorda de cada tratamiento se seleccionaron 360 peces provenientes de la fase de aclimatación. Como cada tratamiento comprendió tres replicas, cada replica comprendió 60 peces a una densidad inicial de 60 peces/m<sup>3</sup>. Las crías de las diferentes líneas de tilapia fueron seleccionadas de acuerdo al peso. Chitralada promedio  $1.27 \pm 0.28$  g, Supermacho  $1.27 \pm 0.28$  y Stirling  $1.27 \pm 0.21$ . El principal criterio de selección fue el peso de los peces y no presentar signos de enfermedad, malformación o desnutrición. La edad de todos los peces al iniciar era de aproximadamente los 80 días de vida.

Los primeros 61 días de cultivo la alimentación se brindó tomando en cuenta la tabla de alimentación de la empresa granja acuícola Chitralada. Se considero que al emplear dicha tabla de alimentación diseñada para Chitralada podría beneficiar a esta línea más que a las demás. Por lo anterior a partir del día 61 decidió brindar el alimento a saciedad aparente para que el consumo de alimento estuviera en función de la demanda del mismo. Los indicadores visuales que se utilizaron para determinar en qué momento cesaba la alimentación fueron: una baja actividad depredadora y que transcurridos 10 minutos desde el último suministro de alimento aún existiera alimento sobre la superficie.

Con el fin de determinar el crecimiento gradual de los peces cada 30 días se midió la longitud total y estándar. En un principio esta operación se realizó con un Vernier y posteriormente con un ictiómetro graduado en milímetros. De igual forma los organismos fueron pesados en húmedo (con vísceras) con una balanza electrónica (marca Ohaus Scout Pro SP202 con capacidad máxima de 200 g y sensibilidad de 0.01g).

Las primeras dos biometrías realizadas comprendieron el 100% de la población de cada replica pero a partir de los 60 días de cultivo, las biometrías se realizaron únicamente a 30 peces de cada replica. La elección de los peces se basó en capturas al azar. Con la finalidad de minimizar el estrés ocasionado por el manejo durante las biometrías, los peces fueron anestesiados con una solución de Benzocaína. La fase de engorda tuvo una duración de 152 días y se realizaron un total de 5 biometrías.

### Fase III: Cosecha

Para realizar la cosecha se disminuyó el nivel del agua del estanque y se procedió a capturar todos los peces. Una vez capturados fueron depositados en un recipiente que contenía hielo, a fin de provocar su muerte por shock térmico. Y finalmente, se procedió a tomar los datos a toda la población bajo el mismo procedimiento que en la fase de engorda.

#### 5.5.3 Determinación de desempeño productivo

Los datos obtenidos de las biometrías realizadas hasta la fase de cosecha fueron empleados para la determinación del desempeño productivo. Los rasgos productivos evaluados fueron:

Peso ganado, ganancia de peso promedio diario, factor de condición inicial, factor de condición final, tasa de crecimiento específico, factor de conversión alimenticia y tasa de supervivencia.

**Peso ganado:**

Es el incremento de peso de la población durante el experimento.

PG= Peso final – Peso inicial

Donde:

PG= Peso ganado

**Ganancia de peso promedio diario:**

Es el incremento de peso promedio diario de la población durante el experimento.

GPPD= Peso final – Peso inicial/ días de cultivo

Donde:

GPPD: Ganancia de peso promedio diario

**Tasa de crecimiento específico (TCE o SGR):**

Esta tasa de crecimiento específico también es denominada como SGR (Specific Growth Rate) y es el porcentaje de crecimiento diario.

TCE=  $[(\ln(\text{peso final}) - \ln(\text{peso inicial})) / \text{días}] * 100$

Donde: TCE: Tasa de crecimiento específico

ln: Logaritmo natural

**Factor de conversión alimenticia (FCA):**

Se refiere a la relación entre alimento suministrado y peso ganado. Dicho de otro modo, cuanto alimento se requiere para producir un kilogramo (Kg) de carne. El FCA se calcula con la ecuación:

FCA= Alimento suministrado (g) / Peso ganado (g)

Donde:

FCA: Factor de conversión alimenticia

### **Factor de condición corporal de “Fulton”:**

El factor de condición (K) expresa, en peces, la relación volumétrica en función del peso, según la expresión matemática:

$$K = W * 100 / L^3$$

Donde:

K= Factor de condición corporal

W= es el peso en gramos y

L =la longitud en cm.

### **Tasa de supervivencia:**

Estima el porcentaje de peces que sobrevivieron hasta el final del experimento. Calculado de la siguiente manera:

$$TS = \text{animales cosechados} * 100 / \text{animales sembrados}$$

Donde:

TS= Tasa de supervivencia

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Parámetros fisicoquímicos

Los parámetros ambientales de temperatura y oxígeno disuelto se reportan en las tabla 2. Durante el experimento existieron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) de temperatura y de oxígeno disuelto entre las diferentes líneas de tilapia estudiadas. Dichas diferencias se presentaron principalmente entre la línea Chitralada respecto a las líneas Stirling y Supermachos.

Tabla 2 Tabla de temperatura y oxígeno disuelto registrados durante el cultivo de tres variedades de tilapia nilótica.

TEMPERATURA						OXÍGENO DISUELTO					
Días	Línea	*	Media	Desv. Est.	E. E.M	Días	Línea	*	Media	Desv. Est.	E. E.M.
30	CHI	A	23.80	1.03	0.11	30	CHI	A	9.01	2.48	0.26
	STR	B	23.25	0.90	0.10		STR	A	8.68	2.34	0.25
	SUP	B	23.24	0.90	0.10		SUP	A	8.80	2.82	0.30
60	CHI	B	22.85	1.27	0.15	60	CHI	B	6.73	0.50	0.06
	STR	A	23.55	1.30	0.15		STR	A	7.32	0.74	0.08
	SUP	A	23.51	1.39	0.16		SUP	A	7.12	0.90	0.10
90	CHI	A	22.14	1.03	0.11	90	CHI	C	4.99	0.60	0.07
	STR	A	22.35	0.75	0.08		STR	A	5.65	0.78	0.09
	SUP	A	22.37	0.76	0.09		SUP	B	5.28	0.77	0.09
120	CHI	B	18.26	0.97	0.11	120	CHI	A	4.45	0.31	0.04
	STR	A	18.74	1.42	0.16		STR	A	4.55	0.33	0.04
	SUP	AB	18.63	1.25	0.14		SUP	A	4.43	0.41	0.05
152	CHI	A	15.98	2.10	0.22	152	CHI	A	5.00	0.69	0.07
	STR	A	16.62	2.20	0.23		STR	B	4.69	0.47	0.05
	SUP	A	16.50	2.19	0.23		SUP	B	4.74	0.54	0.06

\*Tratamientos evaluados en lapsos de 30 días que no estén conectados por la misma letra son significativamente diferentes  
Desv. Est. = Desviación estandar; E.E.M.= Error estandar de la media.

Durante el período experimental se observó una disminución gradual tanto de la temperatura (Figura 4), como del oxígeno disuelto (Figura 5). La temperatura disminuyó de los 23 a casi 16 °C en un lapso de 152 días. A partir de los 90 días

de cultivo, los peces se vieron expuestos a temperaturas por debajo de los niveles óptimos (mínima de 12.5 °C y máxima de 18.9 °C).

Lo mismo sucedió con la concentración de oxígeno, la cual tras haber iniciado con valores promedios de 8.80 - 9.01 mg/L pasó a presentar concentraciones de entre 4.74 - 5.00 mg/L. Además, en ciertos momentos del experimento llegaron a presentarse valores mínimo0073 para la línea Chitralada, Stirling y Supermachos (3.39 mg/L, 3.72 mg/L y 2.95 mg/L respectivamente).

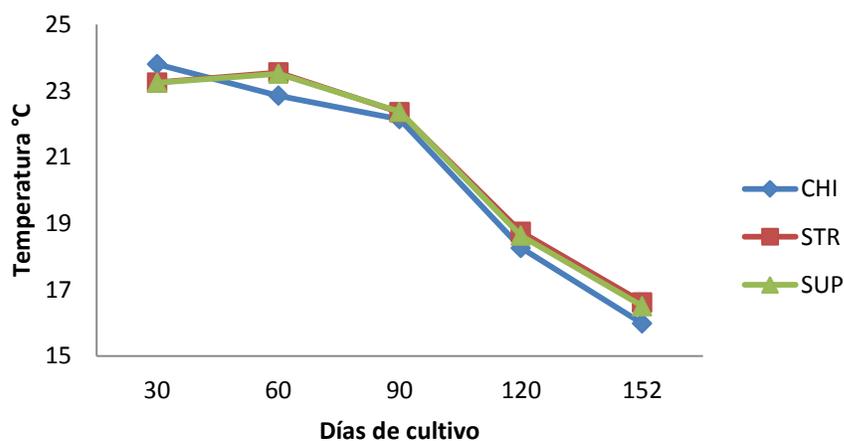


Figura 4 Comportamiento de la temperatura a lo largo de un cultivo de 152 días (julio-diciembre).(CHI: Chitralada; STR: Stirling y SUP: Supermachos).

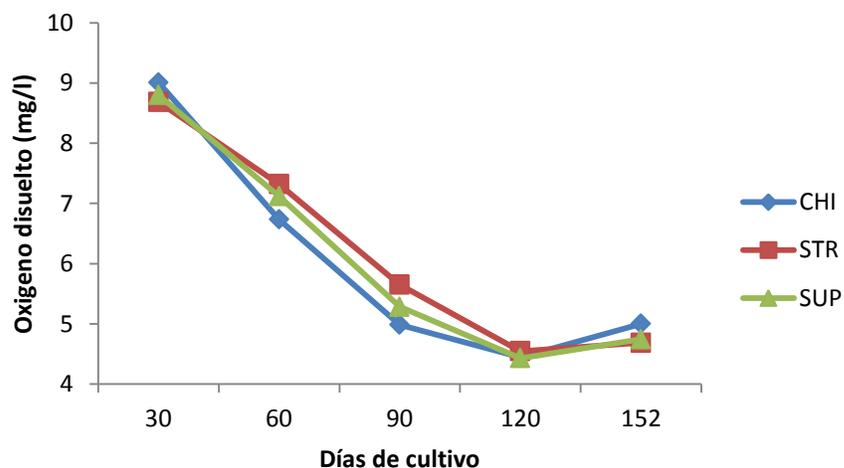


Figura 5 Comportamiento del oxígeno disuelto durante el periodo experimental. (CHI: Chitralada; STR: Stirling y SUP: Supermachos).

En lo que respecta a la salinidad, sólidos disueltos totales y amonio, estos no variaron fuera de los intervalos óptimos para el cultivo de la especie (Figura 6).

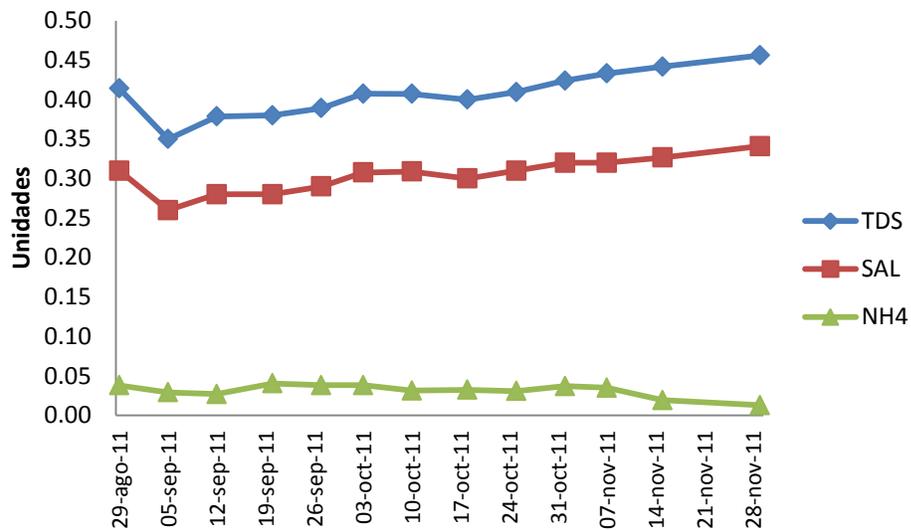


Figura 6 Comportamiento de las variables de salinidad, sólidos disueltos totales y amonio durante el periodo experimental. (TDS: Solidos disueltos totales; SAL: Salinidad y NH4: Amonio)

## 6.2 Desempeño productivo

En la tabla 3 se resumen los resultados obtenidos del desempeño productivo de las tres diferentes líneas de *Oreochromis niloticus* evaluadas en un cultivo de 152 días.

Tabla 3 Variables productivas evaluadas durante el cultivo de 152 días de las tres diferentes líneas de *Oreochromis niloticus*.

Parámetros de crecimiento	Tratamientos					
	Stirling		Chitralada		Supermacho	
	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.
PG (g)	34.82	± 3.67 <sup>b</sup>	53.64	± 0.81 <sup>a</sup>	53.75	± 1.17 <sup>a</sup>
GPPD (g)	0.19	± 0.02 <sup>b</sup>	0.29	± 0.001 <sup>a</sup>	0.29	± 0.01 <sup>a</sup>
LEI(mm)	33.14	± 2.68 <sup>b</sup>	34.74	± 2.18 <sup>a</sup>	33.42	± 2.75 <sup>b</sup>
LEF (mm)	99.12	± 13.97 <sup>b</sup>	114.05	± 20.76 <sup>a</sup>	111.21	± 17.46 <sup>a</sup>
FCI	3.5	± 0.07 <sup>a</sup>	3	± 0.02 <sup>c</sup>	3.3	± 0.06 <sup>b</sup>
FCF	3.5	± 0.03 <sup>b</sup>	3.4	± 0.06 <sup>b</sup>	3.7	± 0.05 <sup>a</sup>
TCE	1.85	± 0.05 <sup>b</sup>	2.09	± 0.01 <sup>a</sup>	2.09	± 0.01 <sup>a</sup>
FCA	1.4	± 0.03 <sup>a</sup>	1.03	± 0.02 <sup>b</sup>	1.08	± 0.09 <sup>b</sup>
TS (%)	65	± 7.94 <sup>b</sup>	84.16	± 2.2 <sup>a</sup>	82.5	± 8.03 <sup>a</sup>

\*Superíndices indican diferencias significativas ( $p > 0.05$ )

PI = Peso inicial; PG = Peso ganado; GPPD = Ganancia de peso promedio diario; LEI = Longitud estándar inicial; LEF = Longitud estándar final; FCI = Factor de condición inicial; FCF = Factor de condición final; TCE = Tasa de crecimiento específico; FCA = Factor de conversión alimenticia y TS = Tasa de supervivencia

En la tabla anterior se observa que de acuerdo a los análisis estadísticos iniciales, el peso inicial no presentó diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos al inicio del experimento.

En la figura 7, se observa el peso ganado (crecimiento total) de las tres líneas de tilapia durante 152 días de estudio. Se puede apreciar una diferencia aproximada a los 19 gramos entre las líneas Chitralada ( $53.65 \pm 0.82$  g) y Supermachos ( $53.754 \pm 1.18$  g) respecto a la Stirling ( $34.827 \pm 3.67$  g).

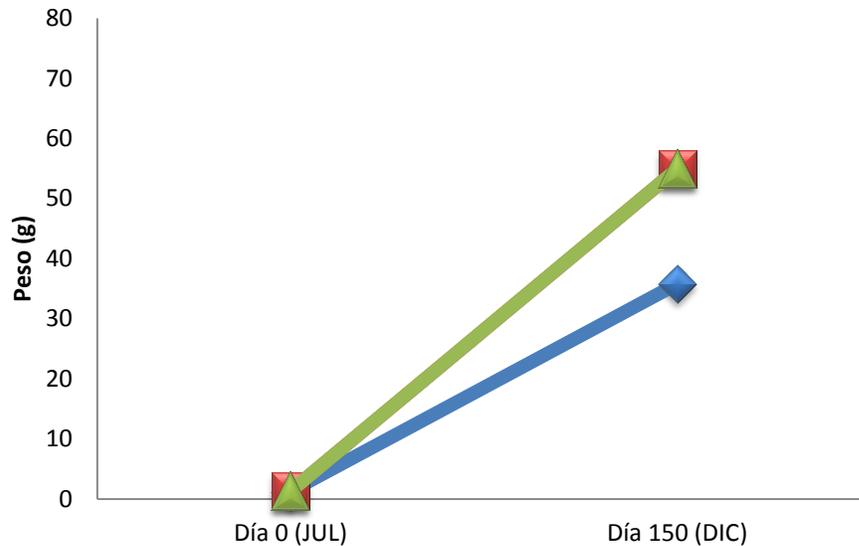


Figura 7 Peso ganado (crecimiento) de las tres líneas de *Oreochromis niloticus* cultivadas por 152 días en un sistema de recirculación de agua.

Un patrón semejante al observado en peso se presentó en las longitudes estándar iniciales presentaron diferencias significativas entre si ( $P < 0.05$ ). Dichas diferencias se encontraron entre la línea Chitralada respecto a la Stirling y Supermacho. Sin embargo, las dos primeras líneas no presentaron diferencias significativas entre si ( $P > 0.05$ ). La mayor longitud estándar la presenta Chitralada, con  $34.74 \pm 2.18$  mm.

Al término del cultivo la longitud estándar final presentó diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos. Las líneas Chitralada y Supermachos difirieron de la Stirling al obtener una mayor longitud estándar final (Stirling=  $99.12 \pm 13.97$  mm; Chitralada=  $114.05 \pm 20.76$  mm y Supermacho=  $111.21 \pm 17.46$  mm).

Para poder apreciar mejor la dispersión de los pesos finales estos se presentaron como histogramas de frecuencias. Las tres líneas genéticas de tilapia exhibieron una distribución normal: Stirling "Blond": 35.8 g (Figura 8), Chitralada: 54.1 g (Figura 9) y Supermachos: 55.1 g (Figura 10).

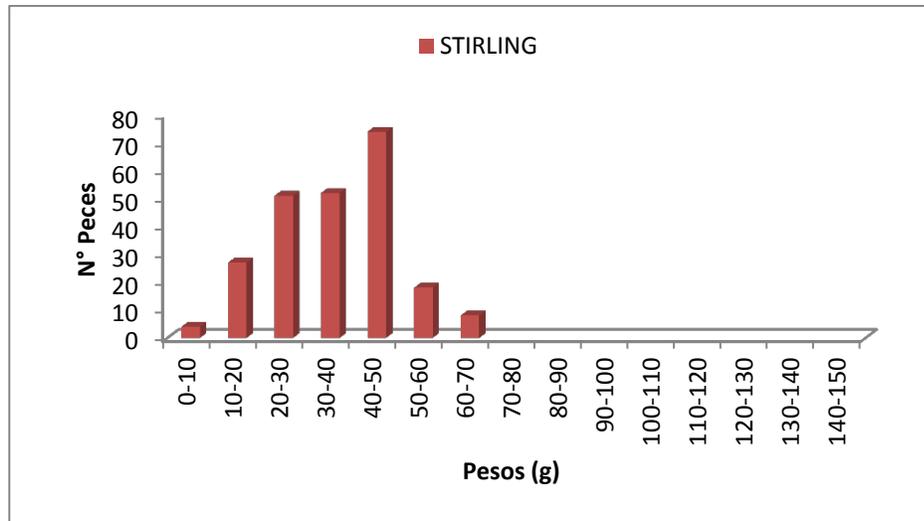


Figura 8 Dispersión de pesos finales de la línea Stirling cultivados durante 152 días bajo condiciones intensivas en un sistema de recirculación de agua.

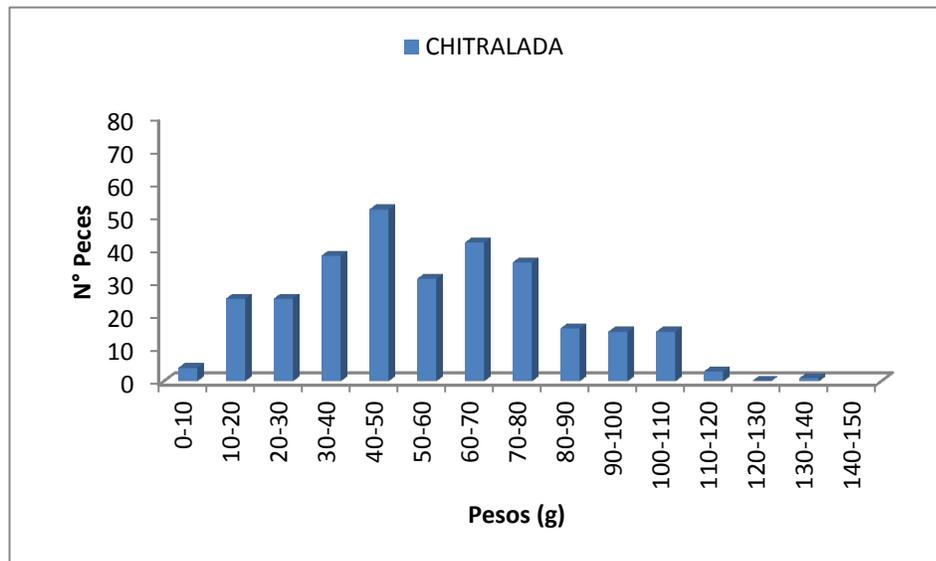


Figura 9 Dispersión de pesos finales de la línea Chitralada cultivados durante 152 días bajo condiciones intensivas en un sistema de recirculación de agua.

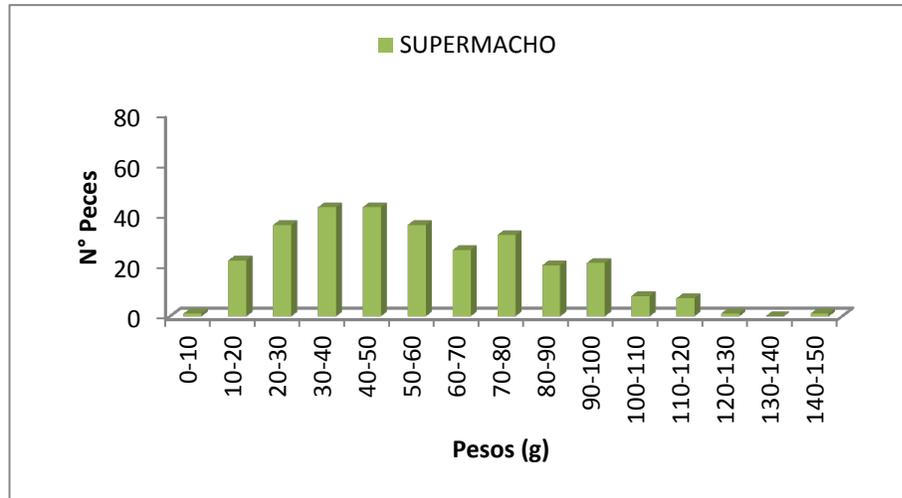


Figura 10 Dispersión de pesos finales de la línea Supermachos cultivados durante 152 días bajo condiciones intensivas en un sistema de recirculación de agua.

De acuerdo a los pesos registrados, Supermacho presentó el mayor intervalo de peso por línea (133.12 g) al tener un peso final máximo de 142.31 g y un peso final mínimo de 9.19 g; posteriormente Chitralada presentó un intervalo de 131.88 g, al existir organismos con un peso final máximo de 137.67 g y un peso final mínimo de 5.79 g; finalmente, Stirling “Blond” mantuvo una distribución de peso más estrecha (56.33 g) ya que el peso final máximo fue de 64.72 g y el peso final mínimo fue de 8.40 g.

Al iniciar el experimento, el factor de condición corporal de Fulton mostraba diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre todos los tratamientos. Stirling inició con mejores valores  $0.035 \pm 0.07$  mientras que Supermachos  $0.33 \pm 0.06$  y Chitralada  $0.30 \pm 0.02$ . Al al termino del cultivo experimental se volvieron a presentar diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos, pero en esta ocasión las diferencias no se dieron entre todos los tratamientos como en el inicio. Las diferencias en el factor de condición final se presentaron entre la línea Supermacho ( $0.37 \pm 0.05$ ) respecto a las Chitralada y Stirling ( $0.35 \pm 0.03$  y  $0.34 \pm 0.06$ , respectivamente).

Las dos mejores tasas de crecimiento específico obtenidas en el experimento lo consiguieron las líneas Chitralada y Supermacho, las cuales no

presentaron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) entre ellas; pero si con respecto Stirling.

Respecto al factor de conversión alimenticia se mostraron diferencias significativas ( $P<0.05$ ) entre Stirling ( $1.40 \pm 0.03$ ) respecto a las líneas Chitralada y Supermachos ( $1.03 \pm 0.02$  y  $1.08 \pm 0.09$ , respectivamente). No existieron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) entre Chitralada y Supermachos.

La mayor tasa de supervivencia (Tabla 3) se presentó en Chitralada ( $84.17 \pm 7.94$  %) y Supermacho ( $82.50 \pm 8.04$  %). Estas líneas no presentaron diferencias significativas entre ellas ( $P>0.05$ ), sin embargo, sí fueron diferentes ( $P<0.05$ ) con respecto a Stirling que obtuvo un  $65.00 \pm 7.95$  % de supervivencia.

## 7. DISCUSIÓN

En el manejo de las pisciculturas, uno de los factores claves en el éxito del proceso productivo es evitar exponer a los peces a situaciones estresantes, las cuales por su condición de confinamiento son frecuentes (Wedemeyer, 1970; Valenzuela *et al.*, 2002; El-Sayed *et al.*, 2003). Las situaciones de estrés y la respuesta de los organismos al agente estresante tienen influencia sobre el crecimiento, índices de fertilidad, incidencia y frecuencia de enfermedades, la supervivencia, entre otros (Pickering, 1981; Schreck y Moyle, 1990; Valenzuela *et al.*, 2002; SIA, 2005). Estas afectaciones provocan aumento en el costos de producción y disminución de la rentabilidad del cultivo (Valenzuela *et al.*, 2002).

Los diferentes tipos de estrés ambiental que pueden presentarse son: estrés social, físico, químico, traumático y nutricional (Auro de Ocampo y Ocampo, 1999). Dentro del estrés ambiental físico se encuentran los parámetros de temperatura y oxígeno. Al considerar lo antes mencionado, el desempeño productivo en esta investigación estuvo comprometido por situaciones de estrés; principalmente bajos niveles de temperatura y bajas concentraciones de oxígeno disuelto. Y aunque el experimento ejecutado no fue diseñado para evaluar condiciones de estrés; las respuestas terciarias al estrés tales como reducción en el crecimiento (Pickering, 1981; Schreck y Moyle, 1990; Wedemeyer, 1996) si pudieron ser evaluadas.

Durante la actividad acuícola, los niveles de oxígeno disponibles deben ser suficientes para no afectar las tasas de respiración y homeostasis individual, existiendo recomendaciones estandarizadas indican que las concentraciones de oxígeno no sean nunca inferiores a 5 mg O<sub>2</sub>/L (Kubitza, 2000; Valenzuela *et al.*, 2002). Entre las principales consecuencias de los bajos niveles de oxígeno prolongados están: a) disminución de la tasa de crecimiento, b) aumento de la conversión alimenticia, c) inapetencia y letargo, d) baja inmunológica y susceptibilidad a enfermedades, e) disminución de la capacidad reproductiva (ISA,

2005). De la misma forma, Boyd y Tucker (1998) argumentan que largos periodos de fluctuaciones en los niveles de oxígeno disuelto pueden reducir el crecimiento de los peces. Sin embargo, el presente trabajo se realizó en un sistema de recirculación que una de las ventajas es la habilidad de controlar numerosos parámetros de la calidad del agua (i.e. mantener relativamente constantes los valores de oxígeno y temperatura) para optimizar la salud y crecimiento de los peces (Timmons *et al.*, 2002), en el presente estudio a partir de los 90 días de cultivo comenzaron a mantenerse valores por debajo del óptimo e incluso se llegaron a registrarse valores mínimos de 2.95 mg O<sub>2</sub> /L para Supermachos, 3.72 mg O<sub>2</sub> /L para Stirling y 3.39 mg O<sub>2</sub> /L para Chitralada.

A pesar de que el cultivo conto con sistemas de aireación, no se logró regular ni mantener la concentración de oxígeno en niveles óptimos. Una de las razones fue que no se considero que la bomba sopladora tenía que abastecer no solamente el sistema de recirculación externa que es donde se cultivaron los peces, sino también al sistema de recirculación interna y una serie de acuarios. Además, las piedras difusoras no resultaron del tamaño apropiado para los estanques, puesto que estas eran para uso en acuarios. Y en lo general, las piedras difusoras son dispositivos de transferencia de oxígeno muy ineficientes (3-7%) (Timmons *et al.*, 2002).

La tilapia es un organismo euritermico que tolera amplios intervalos de temperatura, esta característica entre otras es lo que ha propiciado que este organismo sea cultivado extensivamente alrededor del mundo. Sin embargo, la temperatura como agente estresante, además de restringir el intervalo al cual pueden sobrevivir los peces, también afecta de manera directa procesos fisiológicos como la tasa respiratoria, eficiencia de alimentación y asimilación, crecimiento, conducta y reproducción (Pickering, 1981; Schreck y Moyle, 1990; Timmons *et al.*, 2002). La temperatura óptima para el cultivo de la tilapia se encuentra entre los 27 y 32 °C, con variaciones de hasta 5 °C (Kubtiza, 2000).

Debido a que el presente cultivo se desarrollo en un sistema de recirculación a cielo abierto durante el periodo otoño-invierno, la temperatura

estuvo determinada por los cambios meteorológicos y condiciones climáticas propias de estas estaciones. Durante este periodo la temperatura del agua fue disminuyendo gradualmente de junio a diciembre, registrando valores por debajo del óptimo de cultivo.

Como la rapidez de los procesos metabólicos se modifica en relación a la temperatura (Eckert, R., 1990; El Sayed, T., 2003), las condiciones de temperatura del cultivo produjeron un descenso en la tasa metabólica del pez. Asimismo, al disminuir el metabolismo se reduce la demanda energética del pez (Timmons *et al.*, 2002; García-Ulloa, 2004), afectando así su tasa de crecimiento.

Las tilapias disminuyen su actividad de alimentación a los 20 °C y se detiene completamente alrededor de los 15.6 °C (Pullin y McConnell, 1982). En el presente trabajo estos valores comenzaron a registrarse a partir de los 90 días de cultivo, tiempo en el cual los peces se vieron expuestos a temperaturas mínimas de 12.5 °C y máximas de 18.9 °C. Ante tales condiciones los peces disminuyeron el consumo de alimento y comenzaron a enfermar de micosis por *Saprolegnia sp.*; causando mortandad.

El correcto manejo de la alimentación es esencial para mejorar la eficiencia en la conversión del mismo, la homogeneidad en las tallas de los peces y por ende el crecimiento, sin comprometer su salud (García-Ulloa, 2004; Sousa *et al.*, 2012). El consumo de alimento depende de una serie de factores dinámicos entre los que se incluye la frecuencia de alimentación. En este experimento se decidió alimentar a saciedad tres veces al día. Sin embargo. Cuando la frecuencia fue de 12 veces al día, se presentaron resultados superiores en comparación a otras frecuencias con alimentación a saciedad (Novato, 2000).

A pesar de lo anterior, los valores de los factores de conversión alimenticia (FCA) obtenidos en esta investigación son aceptables (Stirling, FCA= 1.40), e incluso óptimos como los de Chitralada y Supermachos (FCA= 1.03 y 1.08, respectivamente). Estos últimos valores resultaron mejor que los obtenidos en el estudio de Alexander-Escobar *et al.* (2006) que obtuvieron un FCA de 1.31, pero

no tan buenos como el de Aguilar *et al.* (2010) que consiguió un FCA de 0.75 y similares a los obtenidos por Perschbacher (2007). La comparación de los resultados obtenidos en este estudio con los propuestos en la tabla de alimentación del Instituto Sinaloense de Acuicultura (2005) para el peso en que se encuentra cada línea genética, muestra que Stirling tiene un FCA más elevado que al que le correspondería, mientras que Chitralada y Supermachos no distan mucho del valor acorde a su peso. Se hace énfasis en el hecho que la tasa de conversión alimenticia para bajas frecuencias alimenticias (uno cada dos horas) fue de 1.4 y para alta frecuencia de alimentación (una cada hora) fue de 1.04 (Sousa *et al.*, 2012). Valores muy similares a nuestro experimento, lo cual resultaría en un ahorro de 360 kg de comida por cada tonelada de pez producido, incrementando la sustentabilidad económica para el cultivo de tilapia, además sugiere una menor contaminación ambiental.

El factor de conversión alimenticia y la tasa de crecimiento son las mejores herramientas para evaluar el crecimiento de los peces. No obstante existen otros factores que afectan el crecimiento tales como la densidad de peces, de la calidad del agua (temperatura, oxígeno disuelto entre otras. El crecimiento disminuye cuando la ración de alimento es incompleta y la densidad de siembra es alta, debido a que cada pez no recibe el suficiente alimento natural para abastecer la deficiencia nutricional de las raciones ofrecidas (SIA, 2005).

En este estudio los resultados de la tasa de crecimiento específico son más bajos que los publicados por Alexander-Escobar *et al.* (2006), Perschbacher (2007), Delgado-Vidal, *et al.* (2009) y de Aguilar *et al.* (2010) que obtuvieron 4.21, 2.5, 3.29 y 8.6 respectivamente. Respecto al TCE (%) la línea Chitralada y Supermacho no presentaron diferencias significativas entre ellas pero si entre estas y Stirling. En trabajos realizados por Mair *et al.* (1995) y Perschbacher (2007), sus resultados exhibieron diferencias en cuanto al peso ganado y a las tasas de crecimiento específicas, siendo la línea GMT la que obtuvo mejores rendimientos. Esta situación que difiere de los resultados obtenidos en el presente experimento donde no existieron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre la línea

Chitralada (tilapias hormonadas) y la de Supermachos (GMT). Sin embargo, las líneas Chitralada y Supermachos si se diferencian de la Stirling, aunque se hace notar que esta última línea no ha tenido un mejoramiento genético como las anteriores. Los resultados de Kamaruzzaman *et al.* (2009) son similares con nuestro resultado, ya que no se presentaron diferencias significativas en la ganancia de peso entre las líneas genéticamente mejoradas.

La tasa de crecimiento específico repercute en la ganancia de peso promedio diario y en el peso ganado.

La ganancia de peso es uno de los rasgos productivos más importantes a evaluar en el rendimiento productivo de cualquier cultivo. Como la tilapia es una especie cultivada para consumo humano el momento ideal para la cosecha es cuando alcanza tallas y pesos acordes a las necesidades del mercado. En México, la tilapia se comercializa entre los 250-300 gramos (ISA, 2005). El tiempo en el cual se alcanza el peso comercial varía de acuerdo a las al sistema de cultivo, a las condiciones ambientales y a las prácticas de cultivo. Normalmente las tilapias de cultivo alcanzan el peso comercial entre los 6 y 8 meses de cultivo (ISA, 2005). En condiciones ambientales favorables las tilapias pueden ganar de 30 a 40 g en un intervalo de 2 - 4 meses (Suresh, 2000), lo que implica una ganancia de peso de 0.5 g al día (Castro-Rivera (2004). Sin embargo, en la presente evaluación la ganancia de peso promedio diario estuvo por debajo de esos valores.

En este experimento de 152 días (5 meses) los peces no alcanzaron un peso cercano al comercial. Ya que como se ha mencionado anteriormente, la ganancia en peso de este experimento estuvo comprometida por situaciones de estrés ambiental (Sousa *et al.*, 2012).

Los pesos finales obtenidos a través de la ganancia de peso están en función al fenotipo y genotipo de cada una de las líneas de tilapia. Tal y como se esperaba, las líneas mejoradas tienen mayor ganancia de peso en comparación de la línea Stirling. Esto se debe a que las primeras son producto de selección artificial enfocada específicamente para dicho rasgo productivo. Estos resultados

concuerdan con los de Mair *et al.* (1995) y Perschbacher (2007), quienes obtuvieron un mejor crecimiento en las tilapias mejoradas con respecto a tilapias no mejoradas. Dichos resultados son similares a nuestro caso de estudio. El peso que alcanzaron en nuestro experimento las líneas Chitralada y Supermachos fue similar al peso inicial que tuvieron los ejemplares de Muñoz-Córdova y Garduño-Lugo (1994); Stirling no alcanzó el mismo peso que el estudio señalado. De acuerdo a la tabla de alimentación proporcionada por el Instituto Sinaloense de Acuacultura (2005), la línea Stirling se encuentra en el peso correspondiente a un cultivo de 9 semanas y las líneas Chitralada y Supermachos a un cultivo de 11 semanas. Aguilar *et al.* (2010) obtuvieron un peso final de aproximadamente 501 g, notablemente mayor al que obtuvimos en nuestro experimento.

La longitud estándar inicial fue mayor para Chitralada respecto a las otras dos que no presentaron diferencias significativas entre sí. Sin embargo, estas relaciones no se mantuvieron así hasta el término del cultivo ya que Supermacho fue quien más incremento su longitud. La línea Supermacho logro igualar la longitud estándar de Chitralada y ambas difieren significativamente de la línea Stirling que obtuvo una menor longitud alcanzada.

El factor de condición de Fulton puede indicar el estado nutritivo de los organismos y en cultivo es útil para comparar y cuantificar numéricamente la condición o estado en que el pez se encuentra pudiendo asociarse a una valoración de la contextura o estado de delgadez o gordura (Martínez Millán, 1987). Así, entre dos peces de igual longitud, el mejor alimentado tendrá un valor de K mayor, o sea que se encontrara en mejores condiciones físicas (García-García y Cerezo, 2001). Este factor de condición corporal es el epítome del manejo del cultivo.

En este estudio el factor de condición inicial fue diferente entre todas las líneas evaluadas. Al inicio en orden descendiente los valores del factor de condición estuvieron en Stirling, Supermachos y Chitralada del cultivo Stirling presento el mejor valor de condición, posteriormente Supermacho y, finalmente, Chitralada presento menor valor de las tres. Una vez concluido el experimento los

valores de factor de condición volvieron a presentar diferencias significativas. En este caso las relaciones resultaron en un mejor factor de condición para Supermachos superando a las otras líneas. Chitralada mejoró su factor de condición a pesar de haber iniciado con el factor de condición más bajo de las tres. En este estudio el factor de condición presentó valores similares a los obtenidos por Rojo (2009). Y mayores en comparación a los de Aguilar *et al.* (2010) quien trabajó con tilapia roja criada en jaulas en agua marina a diferentes ofertas de alimento (2.3 para oferta restringida al 50% de saciedad aparente y 3.4 para “alimentadores” mecánicos o por demanda) (Aguilar *et al.*, 2010).

Los diferentes agentes estresantes y su nivel de influencia también afectan la sobrevivencia de los organismos. En este estudio la tasa de supervivencia mostró diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos. Resultando en valores aceptables para las líneas Chitralada y Supermacho. Por el otro lado, Stirling obtuvo un porcentaje desfavorable para este rasgo productivo, ya que es la que obtuvo el menor porcentaje de supervivencia, con tan solo un 65%. Sin embargo, en un estudio realizado por Castro-Rivera (2004) en aguas duras (725 mg/l de  $\text{CaCO}_3$ ) la línea Stirling obtuvo 95% de supervivencia; lo cual refiere que el bajo porcentaje de supervivencia en nuestro estudio estuvo determinado principalmente por la baja concentración de oxígeno disuelto y por la temperatura.

## 8. CONCLUSIONES

- En esta investigación, el desempeño productivo estuvo comprometida por situaciones de estrés. Principalmente bajos niveles de temperatura y oxígeno disuelto.
- El desempeño productivo (considerando las variables de peso ganado, tasa de crecimiento específico, factor de conversión alimenticia y tasa de supervivencia) de las diferentes líneas de tilapia presentaron diferencias significativas entre ellas (Chitralada y Supermacho respecto a Stirling).
- El desempeño productivo resulto mayor para las líneas procedentes de programas de mejoramiento genético (Chitralada y Supermacho) en comparación con aquella que no la tiene (Stirling).
- El proceso de masculinización no se asocia a las diferencias productivas encontradas en este experimento, pero si al mejoramiento genético de las líneas.
- Las diferentes líneas de tilapia cultivadas en condiciones ambientales por debajo del óptimo, presentan un bajo desempeño productivo.

## 9. RECOMENDACIONES

Teniendo en consideración que las diferencias entre el peso final, longitud estándar y factor de condición entre las diferentes líneas estudiadas pudieran estar influenciadas por las variaciones morfométricas entre dichas líneas. Se sugiere estudiar las variaciones morfométricas de estas líneas de tilapia. Lo anterior debido a que este rasgo pudiera producir diferencias en el desempeño corporal entre las líneas. Con la correspondiente importancia económica para la actividad acuícola.

Los resultados del desempeño productivo de las tres líneas de la tilapia *O. niloticus* evaluadas mostraron que ninguna de ellas es una alternativa para su cultivo en sistemas de producción con temperaturas menores a los 19 °C. Incluso, a pesar de pertenecer a un programa de mejoramiento genético, las líneas Chitralada y Supermacho no lograron una ganancia de peso comercialmente aceptable.

Esto principalmente se debe a que dichos programas de mejoramiento genético se desarrollaron en climas tropicales, donde la selección para la resistencia a bajas temperaturas similares a las encontradas en México no era necesaria.

Sin la existencia en México de reproductores de las líneas mejoradas, la gerencia de los programas de mejoramiento genético recae en entidades extranjeras. A pesar de que esta debería ser administrada por organismos y/o instituciones nacionales que conocen la problemática actual y que dirigen el desarrollo de la acuicultura mexicana.

Así mismo, no se puede garantizar que las líneas mejoradas evaluadas en este experimento cuenten con el suficiente germoplasma que les permita fungir como reproductores base de un nuevo programa de mejoramiento genético.

La línea Stirling teóricamente debería de mantener un pool genético más amplio en comparación a las otras líneas evaluadas. Esta condición puede favorecerla como base reproductiva para un programa de mejoramiento genético; enfocado específicamente a aumentar su desempeño productivo en las condiciones de cultivo (i.e. climas, sistemas de cultivo, intensidad de cultivo, calidad del agua, etc.) sobre la cual se desarrolla la acuicultura mexicana.

Si dicho programa de mejoramiento genético se implementa, se conseguirá aumentar la autonomía productiva nacional, pues se contaría con una nueva línea de tilapia como alternativa de explotación a las ya existentes; asimismo se tendrá un mayor acceso a estos organismos mejorados y además, se tendría gobernabilidad sobre el programa génico y el banco genómico de esta línea se mantendría en aguas nacionales.

Por ello se recomienda llevar a cabo una evaluación similar, pero esta vez en condiciones climáticas óptimas, para conocer el desempeño de cada una de estas líneas y así conocer el grado de alteración que sufrieron en la actual evaluación.

Por otro lado, si el cultivo se realiza con fines comerciales y en condiciones ambientales correctas, se sugiere el empleo de líneas mejoradas, ya que han demostrado un mejor desempeño productivo sobre la línea Stirling sin mejoramiento genético.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, B. 2009. Las sociedades público-privadas para investigación genética de peces: la experiencia filipina. En: Graham M. y J. Woo (editores). Estimular el crecimiento de la economía: el papel de la investigación público-privada en el desarrollo. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo.
- Administración Filipina de Servicios Atmosféricos, Geofísicos y Astronómicos (AFSAGA). Visto el 13/04/2012 en: <http://kidlat.pagasa.dost.gov.ph/cab/cab.htm>
- Aguilar, F. G.; Afanador-Téllez y Muñoz-Ramírez, A. 2010. Efecto del procesamiento de la dieta sobre el desempeño productivo de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus* Var. Chitralada) en un ciclo comercial de producción
- Alceste, C., D.E. Jory y T.R. Cabrera. 2001. The US Tilapia Market. Global Aquaculture Advocate. (4) 1: 92-94.
- Alexander-Escobar, J., Del Rosario, R y Landinez, M. A. Efecto del nivel de energía y proteína en la dieta sobre el desempeño productivo de alevines de *Oreochromis niloticus*, variedad Chitralada. Revista de Medicina Veterinaria. 12. 89-97
- Álvarez-Torres, P., C. Ramírez y A. Orbe. 1999. Desarrollo de la acuicultura en México y perspectivas de la acuicultura rural. Red de acuicultura rural en pequeña escala
- Arredondo, F. J.L. y Lozano, G.S.D. 2003. La acuicultura en México. Universidad Autónoma Metropolitana, División de Ciencias Biológicas y de la Salud. 265 pp.
- Auró de Ocampo, A. y Ocampo, C. L. 1999. Diagnóstico del Estrés en Peces. Veterinaria México. Universidad Autónoma de México. Distrito Federal. 30 (4) 337-344

- Banco Mundial. 1997. México aquaculture development project. Reporte 16476-ME. Washington D.C.
- Beardmore, J.A.; Mair, G.C.; Lewis, R.I. 2001. Monosex male production in finfish as exemplified by tilapia: applications, problems, and prospects. *Aquaculture*, v.197, p.283-301.
- Boyd, C.E.; Tucker, C.S. 1998. Pond aquaculture water quality management. Boston: Kluwer Academic Publishers, 700p.
- Castañeda-Castillo, A. 2003. Centros acuícolas productores de tilapia. En: redes de valor: Tilapia. Morelia, Michoacán.
- Castillo-Campo, Luis F. 2006. Tilapia Roja. Una evolución de 25 años, de la incertidumbre al éxito doce años después. Cali. 2006. Accesada de: <http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/Colombia/TILAPIAROJA2006.pdf>
- Castillo-Campo, Luis F. 2008. Tilapia Roja. Una evolución de 26 años, de la incertidumbre al éxito doce años después. Cali. 2008. Accesada de: [http://www.google.com/url?sa=t&source=web&cd=1&ved=0CBUQFjAA&url=http%3A%2F%2Fag.arizona.edu%2Fazaqua%2Fista%2Freports%2FTILAPIA\\_ROJA\\_08.doc&rct=j&q=tilapia%20roja%202008&ei=FF9DTdDEH434sAPXu7DICg&usq=AFQjCNGNmr7s5cooOSN0mBwHAIWom0moGw&sig2=31ruMzKYBdWE2xrgHdwW7w&cad=rja](http://www.google.com/url?sa=t&source=web&cd=1&ved=0CBUQFjAA&url=http%3A%2F%2Fag.arizona.edu%2Fazaqua%2Fista%2Freports%2FTILAPIA_ROJA_08.doc&rct=j&q=tilapia%20roja%202008&ei=FF9DTdDEH434sAPXu7DICg&usq=AFQjCNGNmr7s5cooOSN0mBwHAIWom0moGw&sig2=31ruMzKYBdWE2xrgHdwW7w&cad=rja)
- Castro-Rivera, R., Hernández, G. J. P., y G. B. Aguilar. 2004 Evaluación del crecimiento de alevines de tres especies de Tilapia (*Oreochromis* sp.) en aguas duras, en la región de la Cañada, Oaxaca, México *Revista AquaTIC*, nº 20, pp. 38-43.
- Comisión de Pesca del Estado de Michoacán, COMPECA. 2010a. Accesada de: [http://compesca.michoacan.gob.mx/index.php?option=com\\_content&task=view&id=235&Itemid=265](http://compesca.michoacan.gob.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=235&Itemid=265)
- Comisión de Pesca del Estado de Michoacán, COMPECA. 2010b. [http://compesca.michoacan.gob.mx/index.php?option=com\\_content&task=view&id=207&Itemid=248](http://compesca.michoacan.gob.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=207&Itemid=248)

- Delgado-Vidal, F. K., Gallardo - Collí A., Cuevas-Pérez, L. y M. García – Ulloa. 2009. Crecimiento compensatorio en tilapia *Oreochromis niloticus* posterior a su alimentación con harina de plátano. *Avances en Investigación Agropecuaria*. México. 2 (13)
- DeWandel R. 1995. Annual tilapia situation and outlook report. *Aquaculture Magazine* 25:6-11.
- Eckert, R. 1990. Intercambio de gases. En *Fisiología Animal*. Madrid, España: McGraw Hill Interamericana de España. 1990: 474-520.
- Eknath, A. E. y Acosta, B. O. 1998. Genetic Improvement of Farmed Tilapias (GIFT) project: Final report. ICLARM, Makati city, Filipinas.
- Eknath, A. E., Bentsen, H. B., Ponzoni, R. W., Rye, M., Nguyen, N. H., Thodesen, J. y Gjerde, B. 2007. Genetic improvement of farmed tilapias: Composition and genetic parameters of a synthetic base population of *Oreochromis niloticus* for selective breeding. *Aquaculture* 273: 1-14
- El-Sayed, A. M., Mansour, C. R. and Ezzat, A. A. 2003. Effects of dietary protein levels on spawning performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock reared at different water salinities. *Aquaculture* 220: 619-632.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1999. *Aquaculture Production Statistics 1988-1997*. (FIDI/C815). Fisheries Department FAO, Rome, Italia, 206.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2002. *The state of world fisheries and aquaculture*. Accesada de: <http://www.fao.org/docrep/005/y7300e/y7300e00.htm>.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2004-2011. *Cultured Aquatic Species Information Programme (CASIP)*. Fishery Fact Sheets Collections - Perfiles. FIGIS Data Collection. Visto en: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. [http://www.fao.org/fishery/countrysector/FI-CP\\_MX/es](http://www.fao.org/fishery/countrysector/FI-CP_MX/es)

- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2008. The state of world fisheries and aquaculture, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2010. The state of world fisheries and aquaculture, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2009-2011. Visión General de la Legislación Nacional de Acuicultura. México.
- FIGIS, Fisheries Global Information Systems. 2006. Global Production Statistics 1950-2001.
- Fitzsimmons, K. 2000. Tilapia aquaculture in Mexico. Pags 171–183 en B.A. Costa-Pierce y J.E. Rakocy (eds.). Tilapia aquaculture in the Americas, Vol. 2. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States.
- Fitzsimmons, K. 2003. Tilapia production and markets. Accesada de: <http://ag.arizona.edu/aaqua/ata.html>.
- Fitzsimmons, K. y Gonzalez-Alanis, P. 2005. Tilapia aquaculture. An overview: Selection of systems-ponds, tanks, raceways, cages. 2° Foro Internacional de Acuicultura. Hermosillo, Sonora. SAGARPA. México.
- García-Ulloa, M. 2004. Efecto de la ración alimenticia en el crecimiento de juveniles de tilapia *Oreochromis aureus* (Steindachner) bajo condiciones experimentales de cultivo Avances en Investigación Agropecuaria. México. 1; 8
- García-García, B. y Cerezo, J. 2001. Variación del índice de condición en función del tipo de tanque de estabulación en el dentón (*Dentex dentex*).
- Garduño-Lugo, M., Granados-Álvarez, I., Olvera-Novoa, M. A. y Muñoz-Córdoba, G. 2003. Comparison of growth, fillet yield and proximate composition between Stirling Nile tilapia (wild type) (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus) and red hybrid tilapia (Florida red tilapia x Stirling red *Oreochromis niloticus*) males. Aquaculture research. 34: 1023-1028.

- Garduño Lugo, M. y Muñoz Córdova G.. 1998. Comparación de parámetros reproductivos, de crecimiento, fenotípicos y económicos de tilapia roja.
- Gjedrem, T. 1997. Selective breeding to improve aquaculture production. *World Aquaculture*. 335-45.
- Gjedrem, T. 2000. Genetic improvement of cold-water fish species. *Aquaculture Research*, 31: 25–33.
- Hartley-Alcocer, A. G. 2007. Tilapia as a global commodity; a potencial role for México?. Tesis de doctorado Institute of Aquaculture, University of Stirling. Escocia.
- Josupeit, H., 2007. World tilapia trade. Proceedings of Globefish, INFOFISH Tilapia Conference, Kuala Lumpur, August 2007. Accesada de: <http://www.thefishsite.com/article/331/world-tilapia-trade>.
- Kamaruzzaman, N., Nguyen, N.H., Hamzah, A., Ponzoni, R.W., 2009. Growth performance of mixed sex, hormonally sex reversed and progeny of YY male tilapia of the GIFT strain, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture Research* 40: 720-728.
- Khaw, H. L., Ponzoni, R. W., Hamzah, A., Abu Bakar, K. R., Kamaruzzaman, N., Ismail, N. , Jaafar, H. y Nguyen, N. H. 2006. A Comparison of GIFT and Red Tilapia for Fillet Yield and Sensory Attributes of Flesh Quality Assessed by a Trained Panel. 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Belo Horizonte, Brazil.
- Kubitza, F. 2000. Tilapia, tecnología e planejamento na produção comercial. Jundiaí: USP, 285p.
- Macaranas, J.M., Eknath, A.E., Agustin, L.Q., Velasco, R.R., Ablan, M.C.A. & Pullin, R.S.V. (1993) Genetic improvement of farmed tilapia: documentation and genetic characterization of strains In *Genetics in Aquaculture IV, Proceedings of the Fourth International Symposium on Genetics in Aquaculture* (Gall, G.A.E. & Chen, H. eds.), pp. 296. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, Netherlands.

- Macintosh, D. J. y Little, D. C. 1995. Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Niall, R. B. y Ronald, J. R. (Eds) 1995. Brookstock management and egg and larval quality. Blackwell Science. 277- 320.
- Mair, G.C., Abucay, J.S., Beardmore, J.A. & Skibinski, D.O.F. 1995. Growth performance trials of genetically male tilapia (GMT) derived from YY - males in *Oreochromis niloticus* L.: On station comparisons with mixed sex and sex reversed male populations. *Aquaculture*, 137: 313-322.
- Mair, G.C., Capili, J.B., Skibinski, D.O.F., Beardmore, J.A., Pascual, L.P., Abucay, J.S., Danting, J.C. & Reyes, R.A. .1997. Sex ratios and growth performance of crossbred genetically male tilapia using YY males in *Oreochromis niloticus* L. In *Tilapia Aquaculture. Proceedings from the Fourth International Symposium on Tilapia in Aquaculture* (Fitzsimmons, K. ed.), Vol. 1, pp. 262 - 271. Northeast Regional Agricultural Engineering Service (NRAES), New York.
- Maluwa, O. A. y Gjerde, B. 2006. Estimates of the strain additive, maternal and heterosis genetic effects for harvest body weight of an F2 generation of *Oreochromis shiranus*. *Aquaculture*. 259, 1–4, (8) p 38–46.
- Martínez- Millan L. 1987. Métodos de evaluación, control y racionamiento en la alimentación práctica. En. Alimentación en Acuicultura. CAICYT. J. Espinosa de los Monteros y U. Labarta (Editores) pp 295-325.
- Morales-Díaz, A. 1991. La tilapia en México: Biología, cultivo y pesquerías. A. G. T. Editor, S. A. México.
- Penman, D. J. y McAndrew, B. J. 2000. Genetics for management and improvement of cultured tilapias. En *Tilapias: Biology and Exploitation*. Beveridge, M. C. M. y McAndrew, B. J. (Eds) 2000. Kluwer Academic Publishers. Great Britain. 89-128.
- Perschbacher, P. W. 2007. Growth performance of GMT and mixed sex Nile tilapia *Oreochromis niloticus* Natural and supplemental feeds. *Asian Fisheries Science*. 20: 425-431.
- Pickering, A. D.(ed.) 1981. Stress and fish. Academic Press, New York.

- Ponzoni, R.W., Hamzah, A., T. Saadiah y Kamaruzzaman, N. 2005. Genetic parameters and response to selection for live weight in the GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*. 247:203-210.
- Pullin, R.S.V. 1988. Tilapia genetic resources for aquaculture. *Iclarm Conference Proceedings 16*, International Centre for Living Aquatic Resources Management (ICLARM), Manila, Filipinas.
- Pullin, R.S.V. y Capili, J.B. 1988. Genetic improvement of tilapias: problems and prospects, en Pullin, R.S.V., Bhukaswan, T., Tonguthai, K. y Maclean, J.L. (eds.). *The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture*. *Iclarm Conference Proceedings 15*, Department of Fisheries, Bangkok, Tailandia, and International Centre for Living Aquatic Resources Management (ICLAM), Manila, Filipinas
- Pullin, R. y R. Lowe-McConnell. 1982. *The Biology and Culture of Tilapias*. *The International Conference on the Biology and Culture of Tilapias*: 1-351.
- Ramírez-Martínez, C. y Sánchez, V. 1997. *La acuicultura y el sector social*. Subsecretaria de Pesca. Dirección General de Acuicultura.
- Rezik, M. A., Ponzoni, R. W., Khaw, H. L., Kamel, E., Dawood, T. y G. John. 2009. Selective breeding for increased body weight in a synthetic breed of Egyptian Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*: Response to selection and genetic parameters. *Aquaculture*. 293 (3-4) 187-194.
- Ridha M.T. 2005. Comparative study of growth performance of three strains of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, L. at two stocking densities. *Aquaculture Research*. 37: 172-179.
- Rojo, C. A.H. 2009. Evaluación de la factibilidad técnica y económica del policultivo de la tilapia roja *Oreochromis* sp. con el langostino *Machrobrachium americanum*. Tesis de maestría. Instituto Politecnico Nacional. Centro interdisciplinario de investigación para el desarrollo integral regional. Unidad Sinaloa.

- Ross, L. G. 2000. Environmental physiology and energetics. En Tilapias: Biology and Exploitation. Beveridge, M. C. M. y McAndrew, B. J. (Eds) 2000. Kluwer Academic Publishers. Great Britain. 89-128.
- Rutten, M. J., Bovenhuis, H. y Hans, K. (2004). Modeling fillet traits based on body measurements in three Nile tilapia strains (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture* 231(1-4): 113-122.
- SAGARPA Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación 2003. Anuario Estadístico de Pesca 2003. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- SAGARPA, Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2008. Diagnostico productivo con información preliminar para el ordenamiento del Sistema Producto Tilapia 2008.
- Schreck, B. C. y Moyle, B. P. 1990. *Methods for Fish Biology*. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, USA, 684 pp.
- Sousa, R.M.R., Agostinho, C.A., Oliveiral, F.A., Argentim, D., Novelli, P.K. y Agostinho S.M.M. 2012. Productive performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed at different frequencies and periods with automatic dispenser. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* [online]. 64 (1) [citado el: 2012-04-23], pp. 192-197. Accesada de: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-9352012000100027&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-9352012000100027&lng=en&nrm=iso)>. ISSN 0102-0935. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352012000100027>
- Timmons M.B., Ebeling J.M., Wheaton F.W., Summerfelt S.T. y Vinci B.J., 2002. Recirculating aquaculture systems. Northeastern Regional Aquaculture Center. E.U.A. 769 pp.
- Tuan, P.A. 1998. Genetic control of sex ratio in Nile tilapia (*O. niloticus*) using YY-male technology, p. 12-15. *In* Annual report. Research Institute for Aquaculture No.1, Bac Ninh, Vietnam.

- Valenzuela, A., Alveal, K. y E. Tarifeño. 2002. Respuestas hematológicas de truchas (*Oncorhynchus mykiss* walbaum 1792) a estres hipoxico agudo: serie roja. *Haematologival response of the trout (Oncorhynchus mykiss walbaum 1792) to the acute hypoxic stress: res blodd cells* .Proceeding of the IV Symposium-Workshop of Chilean Association of Ichthyology. Gayana 66(2): 255-261
- Watanabe, W. O., Losordo, T. M., Fitzsimmons, K. y Handley, F. 2002. Tilapia production systems in the Americas: Technology advances, trends y challenges. *Fisheries Science*. 10 (3): 165- 198.
- Wedemeyer, G.A. 1996. *Physiology of Fish in Intensive Culture Systems*. Chapman y Hall, London. p. 232.

**ANEXO 1**



*Oreochromis niloticus* línea Chitralada.



*Oreochromis niloticus* línea Stirling Blond



*Oreochromis niloticus* línea Supermacho.