



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

**COMPARACIÓN DEL DESEMPEÑO PRODUCTIVO ENTRE  
LAS TILAPIAS ROJAS: PARGO-UNAM Y RED JUMBO, Y  
LA TILAPIA DEL NILO GRIS O DE TIPO SILVESTRE, BAJO  
CONDICIONES DE CULTIVO INTENSIVO EN LA ZONA  
CENTRO-NORTE DEL ESTADO DE VERACRUZ.**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

P R E S E N T A:

**Hans Olaf Villarrue Rico**

Asesores:

MPA Germán Muñoz Córdova

Dr. Mario Garduño Lugo



México, D. F.

2010



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



***“Si das pescado a un hombre hambriento, le nutres una jornada. Si le enseñas a pescar, le nutrirás toda la vida”***

***Lao-tsé***

## *A mí amada madre*



*Te doy las gracias madre, porque:  
Me diste vida, cuando a ti casi te  
cuesta la tuya.*

*Disciplina a costa de tu persona.  
Salud, a costa de tu trabajo.  
Compañía, a costa de tu descanso.  
Hogar, a costa de tu orgullo.  
Regaños, para procurar mi  
bienestar.*

*Libertad, en beneficio de mi  
criterio.*

*Educación, para formar mi  
intelecto.*

*Principios, para formar mi  
carácter.*

*Fortaleza, para resistir los golpes  
de la vida*

*Habilidades y herramientas para construir mi futuro.*

*Haz sido un gran ejemplo de carácter, fortaleza, sacrificio e  
independencia, entre muchas otras cosas.*

*¿Qué más puedo yo decir, me has dado tantas cosas, sólo a cambio de  
qué? verme crecer, madurar y progresar.*

*Pero hoy es mi turno de regresar todas esas cosas que me has  
obsequiado, y creo que la mejor forma de hacerlo es por medio de este,  
el fruto de tu siembra, la miel de tu néctar, la cosecha de tus enormes  
sacrificios.*

*Esta tesis es tuya madre. Reflejo de todo el gran esfuerzo que  
invertiste para verme triunfar y el mejor regalo que puedo darte.  
Gracias porque mucho de lo que soy te lo debo infinitamente a tí, y sin  
tí nada de esto no hubiera sido posible. Te amo madre.*

*A mí adorada abuela:*

*A tí que me dejaste un gran ejemplo, luchando contra toda adversidad hasta el final.*

*A tí que dabas alegría y regocijo a mí corazón, incluso cobijaste mi alma en los momentos más crepusculares de mi vida.*

*A tí que siempre abriste tus brazos y tu corazón para obsequiarme amor incondicional, a pesar de mis defectos.*

*A tí que siempre tuviste una palabra de aliento o una sonrisa sincera, con lo que alegraste todos y cada uno de mis días a tu lado.*

*Gracias por haber existido y formar parte de mi vida.*

*Estés donde estés, acuérdate de mí y que algún día volveremos a estar juntos. Te quiero Mamis.*



*M<sup>a</sup> Esther Reyes V. Quiroz †  
(1914-2009)*

## DEDICATORIAS

### A MI TRINIDAD FEMENINA

MADRE, este es el fruto de tus sacrificios en conjunción con mi esfuerzo, has formado la mayor parte de los cimientos que sostienen este proyecto de vida, sin ti este sueño no hubiera sido posible.

MAMIS, donde quiera que te encuentres se que estas orgullosa de mi, lamento que no disfrutes en vida de este gran triunfo, pero te lo dedico desde lo más profundo de mis entrañas, fuiste un gran ejemplo de fortaleza y amor.

KARLA, eres la columna vertebral de este y todos mis proyectos futuros, tu perseverancia, amor y apoyo han sido las venas que alimentan y nutren mis sueños más profundos, gracias a ti salió ese pequeño núcleo de energía que nace cuando ves la meta a unos pasos de ti.

### A MI PADRE

Ejemplo de temple y fortaleza, esta es la cosecha del gran ejemplo de perseverancia, valoración y esfuerzo que inculcaste en mí. Me levantaste cuando caí y aquí está la prueba de que con un buen empujón puedes salir del hueco más enlodado. Gracias por el conocimiento y experiencia que has compartido conmigo.

### A MIS AMIGOS

Juan Manuel y Rodrigo, quienes me han brindado su gran amistad incondicionalmente y me han dado la oportunidad de crecer y superarme a su lado, desde el crepúsculo al amanecer y viceversa, han sido un gran remolque en los momentos más peyorativos de mi existencia

### A MIS TIAS

Tania y Maureen, quienes me han mostrado que el profesionalismo es una meta completamente alcanzable con un poco de sacrificio mezclado con esfuerzo, buenos principios y excelentes valores morales.

### A MIS ABUELOS

Silvia y Juan, ejemplos vivos de superación personal, a pesar de todas las piedras que han rodado en su camino.

### A MI ALMA MATER Y SU CUERPO ACADÉMICO

Quienes me dieron la oportunidad de contar con una preparación de excelencia internacional y forjaron en mí la universalidad del conocimiento.

*“Por mi raza hablará el Espíritu”*

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mi familia, padres, abuelos, tí@s y prim@s, por forjarme desde mi inicio y acompañarme en esta sinuosa carretera de la vida. A mis madrinas: Silvia y Enriqueta, y familia gracias por todo el apoyo que me han brindado. Tíos: Tomas y Juan Pablo, gracias por cada uno de sus consejos. A mis primos por todos esos felices momentos de convivencia. Tía Betty, Lilí y Alma, gracias por sus palabras de aliento en uno de los momentos más trágicos y amargos de mi vida, así como el impulso moral que me dieron en la última fase de mi carrera.

A la excelente Universidad Nacional Autónoma de México, que a través de su Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, sus Centros de Enseñanza, Investigación y Extensión y su excelente cuerpo de académicos, he logrado culminar una carrera con todos los principios y valores dignos de un profesionista.

Agradezco profundamente a mis asesores, Biol. MPA Germán Muñoz y Dr. Mario Garduño, quienes me han dado la oportunidad de colaborar con ellos en sus proyectos profesionales, incluyendo esta tesis que es producto de un gran esfuerzo conjunto. Gracias por sus conocimientos, apoyó y enseñanzas, y sobre todo por mostrarme la puerta del conocimiento.

Al MPA Héctor Basurto Camberos, que con su primera firma como director técnico del CEIEGT, me abrió las puertas al mundo profesional, además del apoyo brindado en todo lo referente a este proyecto.

A Fondos Mixtos (FOMIX) del gobierno del estado de Veracruz y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Por la beca, que permitió la realización de esta tesis, perteneciente al proyecto: 37487.

Agradezco también a mis compañeros residentes de “El Clarín”, por los pocos o muchos momentos de relax y “conbebencia” que vivimos en nuestros tiempos libres, en especial al “Consejo Jedi”, Martín “Naruto” Coyotl y Eric “El King” Quintero, por brindarme su amistad y apoyo durante mi estancia en el rancho, por su ayuda en los tratamientos médicos del MEIA y el respaldo en mis ausencias. Ana Clara y Mau, gracias por soportarme en sus rotaciones por el área. A los alumnos de los hemisemestres prácticos, que a pesar de las desveladas y extensas jornadas acuícolas fueron de gran ayuda en esta especie de simbiosis académica. Y sobre todo a mi chaparrita que se desveló conmigo fileteando hasta casi morir. Te amo, Karla, gracias a tu amor y compañía salió adelante este proyecto de vida.

Jaime y Paco, piezas clave de mi tablero de ajedrez acuícola, fueron de gran ayuda, desde la alimentación hasta el fileteo. Gracias por su apoyo e iniciativa.

## CONTENIDO

RESUMEN .....	- 6 -
INTRODUCCIÓN .....	- 7 -
GENERALIDADES DE LA TILAPIA .....	- 10 -
ANTECEDENTES .....	- 12 -
HIPOTESIS .....	- 17 -
OBJETIVO.....	- 17 -
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	- 17 -
MATERIALES Y MÉTODOS .....	- 18 -
Localización .....	- 18 -
Instalaciones .....	- 19 -
Fuente de agua .....	- 20 -
Variables físico-químicas del agua.....	- 21 -
Grupos genéticos de peces.....	- 23 -
Obtención de cría.....	- 26 -
Cronología del cultivo.....	- 26 -
Fase de Inversión sexual .....	- 27 -
Fase de Crianza.....	- 28 -
Fase de Engorda.....	- 29 -

Rendimiento en filete .....	- 30 -
Biometrías .....	- 32 -
Determinación de rasgos productivos .....	- 32 -
Diseño experimental y análisis estadístico.....	- 34 -
RESULTADOS.....	- 36 -
Inversión sexual .....	- 36 -
Crianza.....	- 39 -
Engorda .....	- 42 -
DISCUSIÓN .....	- 47 -
Supervivencia.....	- 47 -
Peso final .....	- 49 -
Conversión Alimenticia.....	- 50 -
Rendimiento en filete .....	- 51 -
CONCLUSIÓN .....	- 52 -
BIBLIOGRAFÍA .....	- 53 -

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Frecuencia y método de determinación de las variables físico-químicas del agua en las fases de crecimiento de los tres grupos genéticos de tilapia. ....	- 21 -
Cuadro 2 Niveles de las variables físico-químicas del agua analizadas durante las etapas de crecimiento en tres grupos genéticos de tilapia. ....	- 21 -
Cuadro 3 Tallas promedio de las crías de Pargo-UNAM, Red Jumbo y Tilapia del Nilo gris, al inicio de la fase de inversión sexual. ....	- 27 -
Cuadro 4 Análisis químico proximal del alimento utilizado en las fases de inversión sexual y crianza de tres grupos genéticos de tilapia. ....	- 28 -
Cuadro 5 Análisis Químico Proximal del alimento comercial utilizado en la fase de engorda de tres grupos genéticos de tilapia. ....	- 29 -
Cuadro 6 Variables productivas evaluadas durante la etapa de inversión sexual de tres grupos genéticos de tilapia. ....	- 36 -
Cuadro 7 Variables productivas evaluadas durante la etapa de crianza. ....	- 39 -
Cuadro 8 Variables productivas evaluadas durante la etapa de engorda de tres grupos genéticos de tilapia. ....	- 42 -

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción en toneladas métricas (TM) de las especies acuícolas más relevantes en México para consumo humano. ....	- 7 -
Figura 2. Proporción de las principales especies de tilapia cultivables, en el 2007 (toneladas producidas por acuicultura) .....	- 8 -
Figura 3. Principales países exportadores de tilapia roja a EUA y nivel de participación en el volumen total (toneladas) .....	- 9 -
Figura 4. Ubicación del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM (Google Earth 2010).....	- 18 -
Figura 5. Esquema del sistema de re-circulación de agua en el área de crianza del Módulo de Enseñanza e Investigación Acuícola del CEIEGT-FMVZ-UNAM. ....	- 19 -
Figura 6. Área de crianza N° 2 del Módulo de Enseñanza e Investigación Acuícola del CEIEGT-FMVZ. ....	- 20 -
Figura 7. Abastecimiento del estanque rústico del área de crianza N°2 .....	- 20 -
Figura 8. Variaciones de los niveles de temperatura y oxígeno disuelto durante el desarrollo de tres grupos genéticos de tilapia. ....	- 22 -
Figura 9. Niveles de amoníaco (NH <sub>3</sub> ) del agua, registrados durante el cultivo de tres grupos genéticos de tilapia.....	- 22 -
Figura 10. Ejemplar de la población sintética de tilapia roja Pargo-UNAM .....	- 23 -
Figura 11. Ejemplar de híbrido rojo Red Jumbo (Tilapia roja de Florida x Tilapia del Nilo color rosa). ....	- 24 -
Figura 12. Ejemplar de Tilapia del Nilo gris o de tipo silvestre ( <i>Oreochromis niloticus</i> ). ....	- 25 -
Figura 13. Técnica de obtención del filete de tilapia descrita por Garduño (2003).-	31 -
Figura 14. Pesos finales de tres grupos genéticos de tilapia al final de la etapa de inversión sexual (30 días). ....	- 37 -
Figura 15. Supervivencia de tres grupos genéticos de tilapia al final de la etapa de inversión sexual (30 días) .....	- 37 -

Figura 16. Aumento de peso de los tres grupos genéticos durante la etapa de inversión sexual.....	- 38 -
Figura 17. Pesos finales de tres grupos genéticos de tilapia al término de la etapa de crianza (91 días).....	- 40 -
Figura 18. Índice de conversión alimenticia de tres grupos genéticos de tilapia al término de la etapa de crianza (91 días). ....	- 40 -
Figura 19. Supervivencia de tres grupos genéticos de tilapia al término de la etapa de crianza (91 días).....	- 41 -
Figura 20. Pesos finales de tres grupos genéticos de tilapia al término de la etapa de engorda (211 días). ....	- 43 -
Figura 21. Índice de conversión alimenticia de tres grupos genéticos de tilapia al término de la etapa de engorda (211 días). ....	- 43 -
Figura 22. Supervivencia de tres grupos genéticos de tilapia al término de la etapa de engorda (211 días). ....	- 44 -
Figura 23. Rendimiento en filete de tres grupos genéticos de tilapia al término de la etapa de engorda (211 días). ....	- 44 -
Figura 24. Dispersión de pesos finales de tres grupos genéticos de tilapia al término de la etapa de engorda (211 días). ....	- 45 -
Figura 25. Dispersión de tallas de los tres grupos genéticos al finalizar la fase de engorda. (A) Pargo-UNAM, (B) Tilapia del Nilo gris, (C) Red Jumbo. ....	- 45 -
Figura 26. Aumento de peso de tres grupos genéticos de tilapia a los 211 días..	- 46 -

## RESUMEN

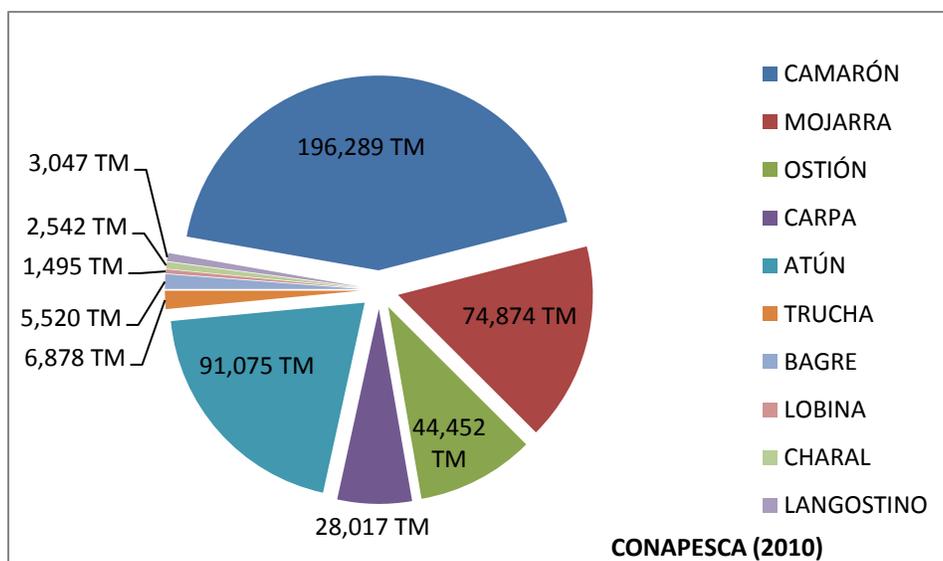
Se evaluó el desempeño productivo de tres grupos genéticos de tilapia: Pargo-UNAM (PU), Red Jumbo (RJ) y la tilapia del Nilo gris o tipo silvestre (NG), durante un periodo de cultivo intensivo de 211 días. Se midieron los rasgos: supervivencia (SUP), peso inicial (PI), peso final (PF), índice de conversión alimenticia (ICA) y rendimiento en filete (RF). Se utilizaron doce tanques circulares de polietileno con capacidad de 1 m<sup>3</sup> de agua. Se ubicaron 1,100, 195 y 40 peces por tanque en las etapas de: inversión sexual, crianza y engorda, con duraciones de: 30, 56 y 112 días, respectivamente. La supervivencia en la inversión sexual fue de: 70.4 %, 78 % y 94.6 % para PU, JR y NG respectivamente, siendo PU y RJ similares entre sí, e inferiores a NG. En la engorda la supervivencia fue similar en los tres grupos. Los PI fueron: 0.057 g, 0.042 g y 0.029 g para PU, RJ y NG y los Pf: 386 g, 304 g y 350 g, respectivamente. Al término de la etapa de engorda, PU fue superior a RJ ( $P < 0.05$ ) y ambos fueron similares a NG ( $P > 0.05$ ). Los ICA en la crianza fueron de: 0.64, 0.82 y 0.75, para PU, RJ y NG respectivamente y en la engorda fue similar para los tres grupos genéticos, siendo de 1.38 en promedio. En cuanto al rendimiento en filete no hubo diferencias para ninguno de los grupos genéticos, el promedio fue de 33.9%. Teniendo evidencia de que el Pargo-UNAM alcanzó un mayor peso final que Red Jumbo y similar a la Tilapia del Nilo gris, se muestra la conveniencia de posicionarlo como una alternativa viable en el cultivo de tilapia roja. Ya que la Tilapia del Nilo gris no puede ser insertada en los mercados donde las tilapias rojas poseen un valor preferencial.

**Palabras clave:** Pargo-UNAM, tilapia roja, *Oreochromis spp*, población sintética, hibridación

## INTRODUCCIÓN

La acuicultura se define como el cultivo de organismos acuáticos, incluyendo: plantas, moluscos, crustáceos y peces, ya sea en agua dulce, salobre o salada. Desde 1990 hasta el 2002, la producción por acuicultura ha tenido un crecimiento anual promedio del 8.01%, hasta llegar a representar el 35.2% del total de la producción mundial de productos pesqueros.<sup>1, 2</sup> Tan solo en el 2007 se obtuvieron 26,767,833 toneladas de pescado de agua dulce por medio de la acuicultura.<sup>2</sup>

En México, se cultivan diversas especies acuícolas entre las que destacan: ostión, camarón, langostino, atún, bagre, carpa, trucha y tilapia. Esta última ocupa el segundo lugar del total de la producción mundial, solamente superada por el grupo de las carpas y a nivel nacional por el cultivo de camarón (**Figura 1**).<sup>3</sup>

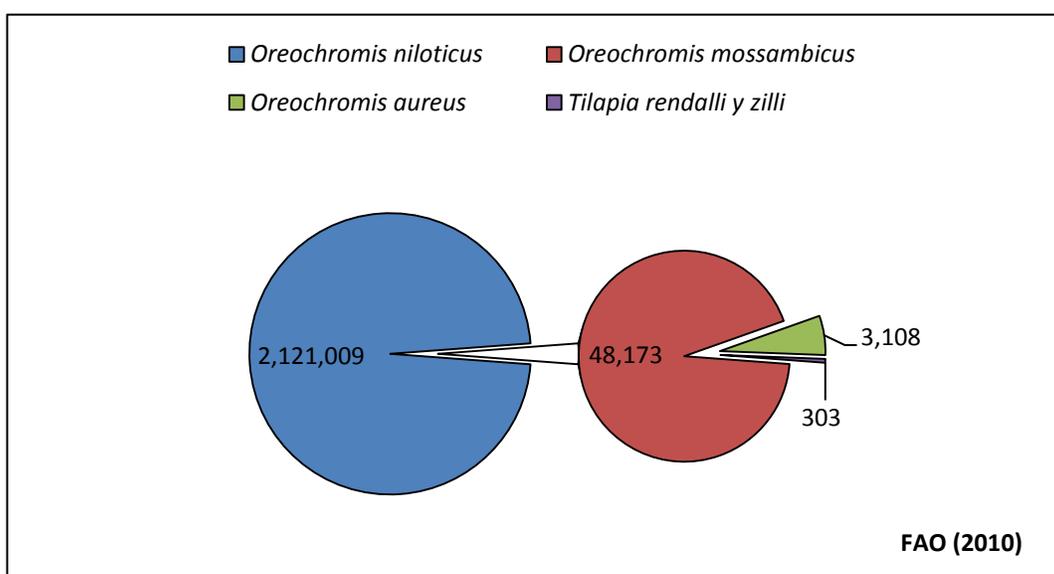


**Figura 1.** Producción en toneladas métricas (TM) de las especies acuícolas más relevantes en México para consumo humano.

La tilapia presenta diversos atributos que la han convertido en un candidato ideal para la acuicultura, como son: su rápido crecimiento, tolerancia a condiciones ambientales adversas (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, etc.), resistencia a enfermedades, su habilidad reproductiva en cautiverio y aceptación a alimentos comerciales casi inmediatamente después de haber nacido<sup>1</sup>, además de las

características organolépticas de su carne, la cual es firme, de color blanco con pocas espinas intermusculares y con olor y sabor a pescado ligeros.<sup>5,6,7</sup>

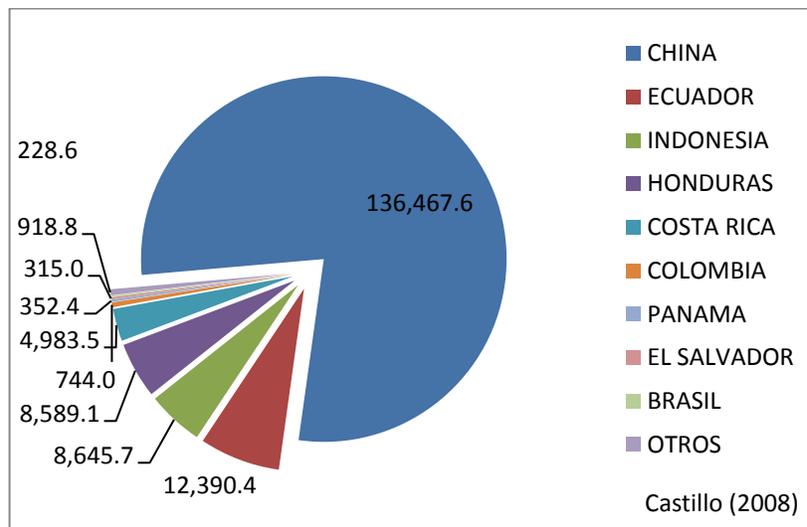
Dentro del grupo de las tilapias, la más cultivada en el mundo, es la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) de tipo silvestre cuya producción mundial sobrepasó los dos millones de toneladas en el 2007 (**Figura 2**), mientras que entre la tilapia mozambica (*Oreochromis mossambicus*), tilapia azul (*O. aureus*) y las tilapias del genero *Tilapia* (*T. rendalli* y *T. zilli*) apenas completaron para el mismo año, poco más de 51,000 toneladas.<sup>3</sup>



**Figura 2.** Proporción de la producción de las principales tilapias cultivables (toneladas producidas por acuicultura), en el 2007.

También existe un grupo de tilapias de coloración roja a las cuales se les denomina precisamente como “tilapias rojas” y que incluyen diferentes especies e híbridos, cuyas coloraciones pueden ser rosa, naranja y rojo.<sup>8</sup> Las tilapias rojas han tenido un éxito comercial de importancia en el mundo, principalmente en Asia oriental y los Estados Unidos de Norteamérica, debido a su parecido con algunas especies de peces de arrecife y marinos, como los pertenecientes al género *Lutjanus sp* y *Chrysophrys sp*.<sup>6,7</sup> Hoy en día se producen poco más de 170,000 toneladas de tilapia roja, solo para cubrir la demanda generada por Estados Unidos, y es aquí

donde diversos países latinoamericanos han tenido una importante participación en cuanto a la producción y exportación de dichos grupos genéticos (**Figura 3**).



**Figura 3.** Principales países exportadores de tilapia roja a EUA y su nivel de participación en el volumen total (toneladas).

No obstante que las tilapias rojas puedan alcanzar un mayor precio de mercado, gracias a su atractiva coloración, han mostrado tener de manera general, un crecimiento inferior a sus homólogos de tipo silvestre.<sup>9, 10</sup> La implementación de programas de mejoramiento genético y la mejora de los sistemas de producción existentes pueden influir positivamente en la producción de la tilapia roja, con lo cual se aumentaría su capacidad productiva en las granjas.<sup>8, 11</sup>

## GENERALIDADES DE LA TILAPIA

Los remanentes fósiles de las tilapias demuestran su existencia, desde hace más de 18 millones de años, incluso se ha encontrado un fósil de tilapia estrechamente relacionado con *Oreochromis mossambicus* en depósitos del pleistoceno del este de África.<sup>12</sup>

Se cree que el cultivo de tilapia tuvo su origen en Egipto hace cerca de 4,000 años, incluso 1,000 años antes de que China desarrollara el cultivo de carpa. También existen ilustraciones en antiguas tumbas egipcias donde hacen referencia al cultivo de la tilapia en las vertientes del río Nilo.<sup>1</sup>

En la actualidad se producen poco más de 2.6 millones de toneladas de tilapia al año, y se espera que al término del 2010 se produzcan cerca de 3 millones de toneladas.<sup>13</sup>

### Clasificación taxonómica

El término Tilapia, que en el idioma africano “swahili” significa pez, es utilizado hoy en día para describir más de 700 especies de peces teleósteos de origen africano. Las tilapias pertenecen al orden de los Perciformes, familia Cichlidae, grupo Tilapiini, y dentro del cual podemos hablar de cuatro principales géneros clasificados principalmente por la forma de desove e incubación: *Tilapia* (desove en sustrato), *Sarotherodon* (incubadores bucales mixtos), *Oreochromis* (incubadores maternos) y *Dankilia*, descritos por primera vez por Smith en 1840, Rüpel en 1852 y Günther en 1889, respectivamente.<sup>12, 14</sup>

Dentro del género *Oreochromis* y *Tilapia* podemos encontrar la mayoría de las especies de valor comercial, como son: *O. niloticus*, *O. aureus*, *O. mossambicus*, *O. urolepis hornorum*, *Tilapia rendalli* y *Tilapia zilli*.<sup>2</sup>

## Distribución geográfica y hábitat

En la actualidad distintos géneros de la familia *Cichlidae* se encuentran distribuidos a lo largo de todo el mundo gracias a su adaptabilidad, siendo su mayor distribución entre los trópicos de cáncer y capricornio.<sup>15</sup> En general, los géneros *Tilapia* y *Sarotherodon* son originarios de África Occidental, mientras que el género *Oreochromis* proviene más de los cuerpos de agua de África central y oriental.<sup>14</sup> Si bien se tiene conocimiento del cultivo de tilapia desde el año 1,000 a.C., no fue sino hasta inicios del siglo pasado cuando llamó la atención de los acuicultores.<sup>16</sup>

El cultivo experimental de tilapia inicio en Kenia en 1924 y durante la segunda guerra mundial, donde el cultivo del sabalote (*Chanos chanos*) no fue posible; la tilapia logró un gran éxito comercial, ya que en Malasia obtuvo excelentes resultados en su cultivo. Posteriormente el cultivo se propagó a Zaire de manera más organizada e intensiva, popularizándose en Sudáfrica y Rodesia.<sup>16</sup>

Entre 1950 y 1970 la tilapia se distribuye alrededor del mundo y llega a México en 1964, con la importación de los primeros ejemplares de la Universidad de Auburn, Alabama, EUA, siendo la *Tilapia rendalli*, *Oreochromis niloticus* y *O. aureus*, las primeras especies que llegaron a la estación piscícola de Temascal, Oaxaca. En 1978 se introduce a México, desde Panamá, la Tilapia del Nilo (*O. niloticus*) tipo silvestre y en 1981, con la entrada de líneas estadounidenses de *O. mossambicus* y *O. urolepis hornorum*, se implementaron los programas de reproducción controlada en jaulas flotantes.<sup>12, 16</sup> Actualmente la tilapia se ha distribuido en prácticamente todas las regiones tropicales de la República Mexicana, en donde se producen en cultivos extensivos, semi-intensivos e intensivos.<sup>17</sup>

## Origen de la tilapia roja

Dentro del género *Oreochromis*, se originó una mutación de coloración naranja-amarillo en el Taiwan Fisheries Research Institute en el año de 1968, donde Kuo realizó la cruce del macho mutante de *O. mossambicus* y una hembra de *O. niloticus* obteniendo una generación F1 con un 25% de alevines de coloración roja.<sup>6</sup> Después de 9 años de cruces selectivos se logró fijar la coloración roja en el 70-80% de la población.<sup>6</sup> A partir de los años 80's las tilapias rojas lograron un desarrollo acelerado en la piscicultura comercial, su atractiva coloración roja estimuló tanto a productores, como investigadores a iniciar un acelerado programa de hibridación el cual permitió la obtención de nuevas líneas de tilapia roja<sup>18</sup>, como: Red Stirling, Red Manzala,<sup>19</sup> Red Filipina,<sup>18; 20</sup> Tilapia Taiwanesa Red Aurea, Golden Tilapia y Red Jumbo,<sup>11</sup> por mencionar algunas.

## **ANTECEDENTES**

Un aspecto de relevancia en los últimos años ha sido la selección de peces de colores atractivos para el consumidor, sin embargo, El Gamal y colaboradores<sup>21</sup> y Muñoz<sup>22</sup> consideraron que antes de recomendar la producción comercial de dichos fenotipos deben de ser identificados los efectos pleiotrópicos negativos asociados a la coloración que pudiesen estar incidiendo en la producción, ya que estos no son bien conocidos, principalmente su efecto sobre el crecimiento y la sobrevivencia.

## Desempeño productivo de tilapias de tipo silvestre y tilapias rojas

Hulata y colaboradores<sup>22</sup> evaluaron el crecimiento de cuatro híbridos de tilapia roja: NrNg (*O. niloticus* rosa x *O. niloticus* gris), NrA (*O. niloticus* rosa x *O. aureus*), NgFr (*O. niloticus* gris x Tilapia Filipina roja) y AFr (*O. aureus* x Tilapia Filipina roja). Al final de 2 años de cultivo determinaron que AFr tuvo el crecimiento más rápido, alcanzando ganancias diarias de peso (GDP) de 4.2 g/día, seguido por NrNg con GDP de 3.7 g/día, siendo superior a NrA y NgFr, quienes obtuvieron GDP de 3.2 y 3 g/día, respectivamente.

Siddiqui y Al-Harbi<sup>21</sup> evaluaron tres especies de tilapia: *O. niloticus*, *O. aureus* y *O. mossambicus*, la progenie de un híbrido de tilapia (*O. niloticus* x *O. aureus*) y una línea taiwanesa de tilapia roja (*O. mossambicus* x *O. niloticus*). Al término de 392 días el híbrido de tilapia obtuvo el mayor peso final, seguido por: *O. niloticus*, la línea taiwanesa de tilapia roja, *O. aureus* y por último, *O. mossambicus*, con pesos de 327, 293, 264, 234 y 168 g, respectivamente.

Macaranas y colaboradores<sup>25</sup> compararon el desempeño productivo de cuatro líneas de tilapia: *O. mossambicus* (M), *O. niloticus* línea Israel (NI) y *O. niloticus* línea Chitralada (NC) y un híbrido de tilapia roja (R) en dos tipos de cultivo manejados en Fiji, por tres generaciones. Basándose en la ganancia de peso la NC fue la que mejor desempeño mostró bajo las condiciones de cultivo de Fiji.

Garduño-Lugo y colaboradores<sup>26</sup> compararon los rasgos: crecimiento, rendimiento en filete y composición química entre machos de Tilapia del Nilo, línea Stirling (TNS) y un híbrido de tilapia roja (Tilapia roja de Florida x Tilapia del Nilo rosa, línea Stirling) (THR), durante un período de cultivo de 98 días en fase de engorda. Informaron que a pesar de que en el peso final fueron similares, la TNS mostró tener una mejor tasa específica de crecimiento, aunque en la THR se encontró una menor cantidad de grasa cruda.

Aparecida y colaboradores<sup>27</sup> compararon el desempeño en crecimiento de dos líneas de Tilapia del Nilo: Chitralada (Ch) y Stirling roja (RS), sus cruza (ChRs x RsCh) y el tetra-híbrido Israelí ND56 (THi), durante 268 días de engorda. Informaron que la línea Ch y ChRs x RsCh superaron a la RS, y todas las líneas superaron al THi ND56, con pesos de 557, 523, 496, 422 y 283 g, respectivamente.

Velázquez y colaboradores<sup>28</sup> efectuaron un cruzamiento dialélico entre: *Oreochromis mossambicus* (roja) (M) y *Oreochromis niloticus* (rosa) (N) y sus híbridos, para comparar su desempeño productivo. Al término de 123 días de cultivo se determinó que el híbrido MN presentó un mejor desempeño productivo que su recíproco: NM, así como a los grupos paternos M y N, al alcanzar pesos de 288, 196, 248 y 253 g, respectivamente.

## Desempeño Productivo del Pargo-UNAM

El cruzamiento entre dos especies distintas genera genotipos con 100% de heterocigosidad lo que aumenta la posibilidad de la manifestación de efectos positivos de heterosis o vigor híbrido,<sup>18, 19</sup> sin embargo los sistemas de cruzamiento llevan consigo una serie de necesidades cómo: mantener dos o más especies dentro de la misma granja; mayor infraestructura y mayor mano de obra.<sup>20</sup> En estas situaciones, las poblaciones sintéticas pueden ser de gran ayuda, ya que han demostrado superioridad con respecto a algunos rasgos productivos de interés comercial en comparación a los grupos genéticos que les han dado origen, además de no necesitar un manejo distinto al dado en especies puras.<sup>21, 22</sup>

Considerando el punto anterior, en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical, se han realizado una serie de estudios con el fin de desarrollar una población sintética de tilapia roja que logre mantener un crecimiento superior a la mayoría de las tilapias rojas y similar a la Tilapia del Nilo gris, sin necesidad de incrementar la infraestructura necesaria que requieren los programas de hibridación.

El Pargo-UNAM es producto de los estudios enlistados a continuación:

Jiménez y colaboradores<sup>29</sup> evaluaron los rasgos productivos de dos poblaciones sintéticas de tilapia: Pargo-UNAM (PU) y Sintética-2 (S-2), cuyo genotipo es: 25% Tilapia Rocky Mountain (R), 25% Tilapia del Nilo rosa (N) y 50% Tilapia Roja de Florida (F), en comparación con: la cruce terminal que les dio origen ([RN]F), la Tilapia Roja de Florida (F) y la Tilapia del Nilo rosa (N), durante 320 días divididos en dos fases productivas: crianza y engorda. Al término de la fase de engorda el PU obtuvo un peso final de 325 g, seguido por: S-2 y ([RN]F) con: 316 y 314 g, respectivamente, sin encontrar diferencias estadísticas entre sí, pero mostraron ser superiores a F y N, con pesos de: 237 y 181 g, respectivamente.

Morales y colaboradores<sup>30</sup> evaluaron el desempeño productivo de la Tilapia del Nilo gris y la población sintética Pargo-UNAM, durante 123 días en la fase de engorda. Los pesos encontrados para el Pargo-UNAM y la Tilapia del Nilo gris fueron de: 407 y 396 g, respectivamente, los cuales fueron similares para ambos grupos genéticos.

Estos dos estudios muestran que la población sintética de tilapia roja: Pargo-UNAM, obtuvo un crecimiento similar a la Tilapia del Nilo gris y superior a los grupos de tilapia roja que le dieron origen, lo que muestra la importancia del mejoramiento genético anteriormente mencionado, dando pauta a la fase de estudios de validación del Pargo-UNAM como una alternativa de cultivo en diversas granjas comerciales con distintos sistemas de producción y en comparación con diversos grupos genéticos de tilapia.

En relación a la comparación entre Pargo-UNAM y la Tilapia del Nilo gris, Ortiz<sup>31</sup> evaluó el desempeño productivo de la población sintética Pargo-UNAM (PU) y la Tilapia del Nilo gris (NG) en una granja piscícola durante 153 días de cultivo. Se obtuvieron pesos finales de 313 y 352 g para NG y PU respectivamente, los cuales resultaron ser similares para ambos grupos genéticos.

En comparación con diversos grupos de tilapias rojas, Salazar<sup>32</sup> demostró que la población sintética de tilapia roja: Pargo-UNAM, en un período de 332 días bajo condiciones de cultivo intensivo en estanques, obtuvo un peso superior a la Tilapia del Nilo rosa (*Oreochromis niloticus*) (NR), y la Tilapia Mozambica roja (*O. mossambicus*) (MM), pero similar a la Tilapia del Nilo gris (*O. niloticus*), con pesos finales de: 656, 500, 401 y 550 g, para PU, NR, MM y NG, respectivamente.

Ramírez<sup>33</sup> demostró que el desempeño productivo de las hembras de Pargo-UNAM (PU) fue superior a las hembras de Tilapia del Nilo gris (NG) con pesos finales de 435 y 324 g, respectivamente, en un estudio realizado durante 342 días de cultivo intensivo en jaulas flotantes. En el caso de los machos, los pesos finales obtenidos fueron de 650 y 623 g para NG y PU respectivamente, resultando ser similares.

Medina<sup>34</sup> evaluó a la población sintética Pargo-UNAM (PU) y la Tilapia del Nilo gris (NG) cultivadas en un sistema de jaulas flotantes colocadas en la zona estuarina del río Actopan, Veracruz, por un periodo de 207 días. Al término de la fase de engorda se obtuvieron pesos finales de 300 y 311 g para PU y NG respectivamente, siendo similares para ambos grupos genéticos.

Peña<sup>35</sup> evaluó el desempeño productivo de la población sintética Pargo-UNAM (PU), la Tilapia Roja de Florida (RF) y la Tilapia del Nilo gris (NG), en jaulas instaladas dentro de estanques de concreto en una granja comercial, durante 157 días bajo condiciones de cultivo intensivo. Al final del cultivo se obtuvo que NG fue superior a PU, y este a su vez fue superior a RF, con pesos promedio de: 474, 417 y 351 g, respectivamente.

Los dos últimos estudios mostraron que el Pargo-UNAM fue superior a las tilapias rojas comúnmente cultivadas en México. Sin embargo, Constantino<sup>36</sup> realizó la comparación entre la población sintética Pargo-UNAM (PU) y un híbrido de tilapia roja de origen colombiano llamada: Red Jumbo (RJ), y la Tilapia del Nilo gris (NG), durante un periodo de cultivo intensivo de 203 días en una granja piscícola. Finalizando la fase de engorda se reportó que NG mostró un desempeño productivo superior a PU, y similar a RJ, obteniendo pesos finales de: 261, 193 y 207 g, respectivamente. En este caso y a diferencia de los anteriores estudios, el PU se mostró similar al RJ e inferior a la NG. También se discutió acerca de que la Tilapia del Nilo gris mostró un crecimiento inferior a lo que comúnmente se conoce, lo cual se atribuyó a las condiciones ambientales adversas en algunas variables físico-químicas del agua, principalmente en cuanto a temperatura y amoníaco.

## HIPOTESIS

La población sintética de tilapia roja Pargo-UNAM presentará un desempeño productivo (supervivencia, peso final, conversión alimenticia, y rendimiento en filete) similar a la Tilapia del Nilo gris o tipo silvestre, pero superior al híbrido Red Jumbo, bajo condiciones de cultivo intensivo en la zona centro-norte del estado de Veracruz.

## OBJETIVO

Comparar los rasgos: peso final, supervivencia, conversión alimenticia de la población sintética de tilapia roja: Pargo-UNAM ( $\frac{1}{2}$  Tilapia Roja de Florida,  $\frac{1}{4}$  Tilapia del Nilo rosa y  $\frac{1}{4}$  Tilapia Rocky Mountain), con respecto a la tilapia híbrida de color rojo: Red Jumbo (Tilapia Roja de Florida x Tilapia de Nilo rosa) y a la Tilapia del Nilo tipo silvestre (*Oreochromis niloticus*), durante las fases de inversión sexual y crianza; mientras que en engorda será evaluado además el rendimiento en filete, bajo condiciones de cultivo intensivo en la zona centro-norte del estado de Veracruz.

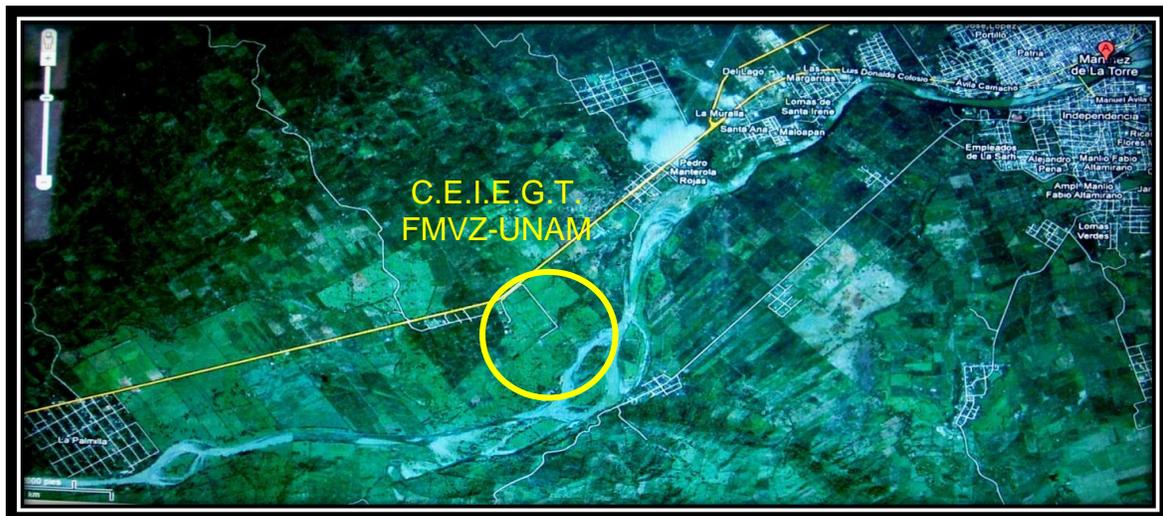
## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar la supervivencia y el peso final en la población sintética Pargo-UNAM, el híbrido Red Jumbo y la Tilapia del Nilo gris durante la fase de inversión sexual (30 días).
- Comparar la supervivencia, el peso final y el índice de conversión alimenticia en la población sintética Pargo-UNAM, el híbrido Red Jumbo y la Tilapia del Nilo gris durante la fase de crianza (56 días).
- Comparar la supervivencia, el peso final, el índice de conversión alimenticia y el rendimiento en filete en la población sintética Pargo-UNAM, el híbrido Red Jumbo y la Tilapia del Nilo gris durante la fase de engorda (120 días).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización

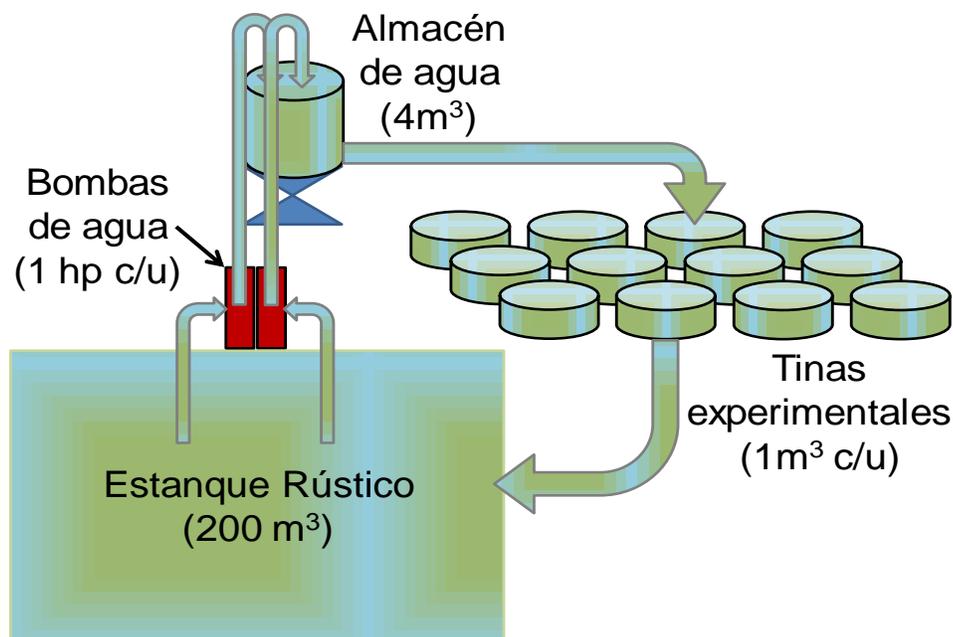
El estudio se realizó en el Módulo de Enseñanza e Investigación Acuícola (MEIA) del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), ubicado en el kilómetro 5.5 de la carretera federal Martínez de la Torre-Tlapacoyan, en municipio de Tlapacoyan, Veracruz. Localizado a  $20^{\circ} 02' 05''$  de latitud norte y  $97^{\circ} 06' 22''$  de longitud oeste,<sup>37</sup> con una altitud máxima de 151 msnm (**Figura 4**). Se contó con una temperatura máxima y mínima promedio de  $31.9^{\circ}\text{C}$  y  $20.4^{\circ}\text{C}$  respectivamente, dando una temperatura promedio de  $25.7^{\circ}\text{C}$  para el año 2009, así como una precipitación pluvial de 1,292 mm para el período de cultivo.



**Figura 4.** Ubicación del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM (Google Earth 2010)

## Instalaciones

Se utilizaron doce tinas circulares de polietileno de 1.5 m de diámetro con capacidad para  $1\text{m}^3$  de agua, las cuales contaron con un sistema de recirculación de agua (**Figura 5** y **Figura 6**), suministrada las 24 h del día por dos bombas de agua de 1 hp, con recambios de agua de  $0.5\text{ m}^3/\text{h}$  por tina, equivalente a un recambio del 1200% diario para cada tina.



**Figura 5.** Esquema del sistema de re-circulación de agua en el área de crianza del Módulo de Enseñanza e Investigación Acuícola del CEIEGT-FMVZ-UNAM.

En cuanto al sistema de aireación, se dispuso de un aireador de turbina de 1.5 hp que introducía aire a presión las 24 h del día por medio de difusores de piedra al interior de las tinas (**Figura 6**).



**Figura 6.** Área de crianza N° 2 del Módulo de Enseñanza e Investigación Acuícola del CEIEGT-FMVZ.

### Fuente de agua

El agua se extraía de un pozo profundo, ubicado en las inmediaciones del MEIA, y era almacenada en un tanque elevado de concreto para realizar recambios de agua en el área cuando estos fueran necesarios para poder mantener las variables físico-químicas del agua favorables para el adecuado cultivo de la tilapia (**Figura 7**).



**Figura 7.** Abastecimiento del estanque rústico del área de crianza N°2 (MEIA-CEIEGT-FMVZ-UNAM), con agua de pozo profundo.

## Variables físico-químicas del agua

Durante el tiempo que transcurrieron las fases experimentales se recolectaron datos de algunas de las principales variables físico-químicas del agua (**Cuadro 1**).

**Cuadro 1**

Frecuencia y método de determinación de las variables físico-químicas del agua en las fases de crecimiento de los tres grupos genéticos de tilapia.

Parámetro	Frecuencia	Equipo
Oxígeno disuelto	Diario	Oxímetro YSI 550 <sup>a</sup>
Temperatura	Diario	Oxímetro YSI 550 <sup>a</sup>
pH	Semanal	Potenciómetro Oakton pH 500 series
Amoníaco (NH <sub>3</sub> )	Semanal	Prueba de amoníaco (NH <sub>3</sub> ), Hagen
Transparencia	Semanal	Disco de Secchi

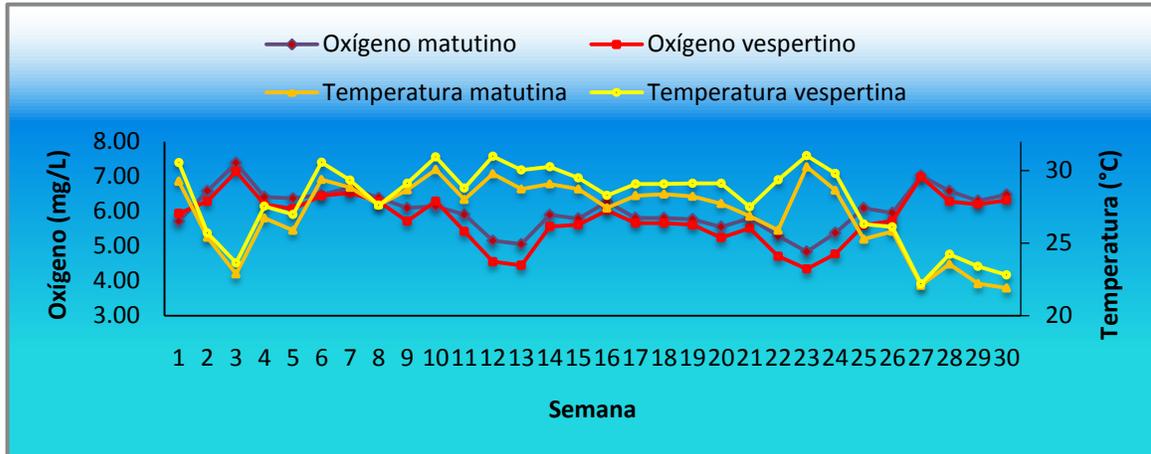
En el **Cuadro 2** se muestran los valores promedio de las variables físico-químicas del agua registradas durante el cultivo de los grupos genéticos evaluados.

**Cuadro 2**

Niveles de las variables físico-químicas del agua analizadas durante las etapas de crecimiento de tres grupos genéticos de tilapia.

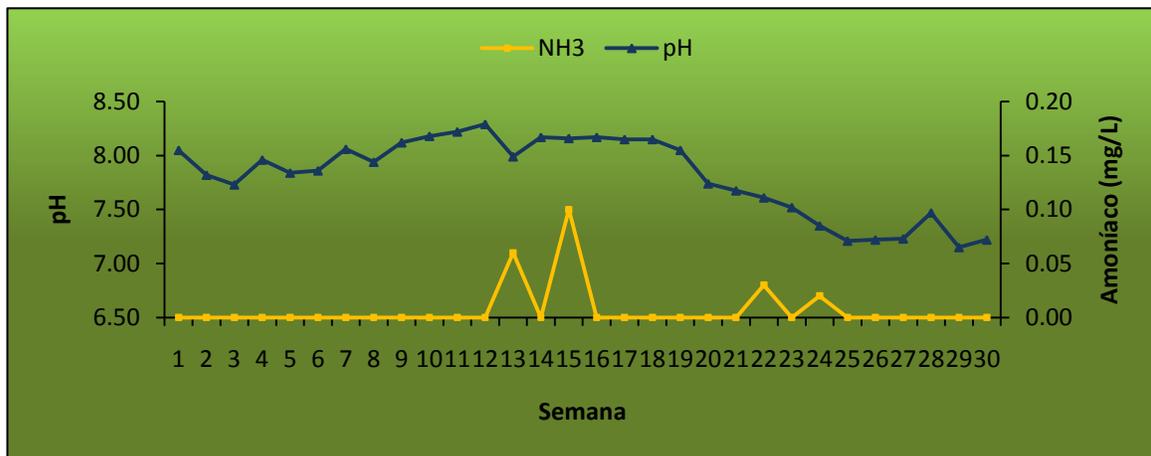
Variable	Valor			
	Óptimo recomendado	Mínimo obtenido	Máximo obtenido	Promedio
Oxígeno disuelto (mg/L)	5.5	4.34	7.39	5.7 ± 0.65
Temperatura (°C)	25 - 30 °C	22.1	31	27.6 ± 2.22
pH	7 - 8	7.15	8.29	7.9 ± 0.34
Amoníaco (mg/L)	<0.2	0.00	0.10	0.01 ± 0.02
Transparencia (cm)	15.0	18.0	29.0	22.4 ± 2.74

El oxígeno disuelto se mantuvo dentro de los valores óptimos durante todo el cultivo. En el caso de la temperatura del agua, de las semanas 3 a la 5 y de la 25 a la 30 fue ligeramente inferior a los valores recomendados para el cultivo de tilapia (**Figura 8**).



**Figura 8.** Variaciones de los niveles de temperatura y oxígeno disuelto durante el desarrollo de tres grupos genéticos de tilapia.

Por lo general el pH se mantuvo dentro de los valores óptimos para el cultivo de tilapia durante todas las fases de cultivo. Los niveles de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), los cuales se elevaron ligeramente en las semanas: 13, 15, 22 y 24, sin embargo siempre se mantuvieron por abajo del límite máximo recomendado (**Figura 9**).



**Figura 9.** Niveles de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) del agua, registrados durante el cultivo de tres grupos genéticos de tilapia.

## Grupos genéticos de peces

Los tratamientos correspondieron a los tres grupos genéticos de tilapia: la población sintética “Pargo-UNAM” ( $\frac{1}{2}$  Tilapia Roja de Florida,  $\frac{1}{4}$  Rocky Mountain y  $\frac{1}{4}$  Tilapia del Nilo rosa), el híbrido rojo “Red Jumbo” ( $\frac{1}{2}$  Tilapia Roja de Florida y  $\frac{1}{2}$  Tilapia del Nilo variedad rosa) y la Tilapia del Nilo gris o tipo silvestre (*O. niloticus*) línea “Stirling”.

### Pargo-UNAM

El Pargo-UNAM (**Figura 10**) fue desarrollado en el Módulo de Enseñanza e Investigación Acuícola (MEIA) del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT) perteneciente a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).



**Figura 10.** Ejemplar de la población sintética de tilapia roja Pargo-UNAM.

La composición genética de esta población sintética es de 25% del híbrido “Rocky Mountain” (*Oreochromis aureus* x *Oreochromis niloticus*), 25% de la especie *O. niloticus* color rosa y 50% del híbrido rojo “Tilapia Roja de Florida” (*O. urolepis hornorum* x *O. mossambicus*).<sup>8</sup> Las crías utilizadas para este estudio fueron obtenidas del MEIA-CEIEGT.

## Red Jumbo

Fue desarrollada por la granja piscícola “Acuicultivos Cali Ltda.” en Cali, Colombia, alrededor del año 1987. En la década de los noventa fue introducida a México gracias a la colaboración entre las empresas “Alevinos del Valle Ltda.” (Colombia) y “Aquatic Depot S.A. de C.V.” (México), esta última ubicada en Zapopan, Jalisco. Posteriormente se introdujo al estado de Veracruz por medio de la empresa “El Colibrí de La Antigua S.P.R. de R.L. de C.V.”.<sup>11</sup>

El híbrido de tilapia de color rojo denominado comúnmente como Red Jumbo (**Figura 11**), presenta la siguiente composición genética: 50% de Tilapia Roja de Florida [*O. mossambicus* x *O. urolepis hornorum*] y 50% Tilapia del Nilo rosa (*O. niloticus*).<sup>11</sup>



**Figura 11.** Ejemplar de híbrido rojo Red Jumbo.

Las crías utilizadas en este estudio fueron obtenidas en calidad de intercambio con la empresa “El Colibrí de La Antigua S.P.R. de R.L. de C.V.” (El Colibrí), localizada en el margen derecho del río La Antigua, en la congregación José Ingenieros en el municipio de La Antigua, Veracruz.

## Tilapia del Nilo

La tilapia del Nilo de tipo silvestre o gris (*Oreochromis niloticus*), es originaria de las vertientes del río Nilo en África. Presenta una coloración en diferentes tonos de gris y verde olivo, su aleta caudal tiene franjas verticales blancas y negras bien delimitadas (**Figura 12**).<sup>8</sup>

En 1978 se introdujo por primera vez a México procedente de Panamá y se mantuvo durante algún tiempo en el Centro Acuícola de Tezontepec de Aldana, Hidalgo y posteriormente fue trasladada a Temascal, Oaxaca. En 1986 se introdujo a México la línea Stirling, procedente de la Universidad de Stirling en Escocia y fue confinada en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV), del Instituto Politécnico Nacional, unidad Mérida, Yucatán.<sup>8</sup>



**Figura 12.** Ejemplar de Tilapia del Nilo gris o de tipo silvestre (*Oreochromis niloticus*).

Las crías utilizadas en este estudio fueron obtenidas de la granja piscícola “La Presa S.P.R. de R.L. de C.V.” (La Presa), ubicada en los márgenes del río María de la Torre, en la congregación “El Diamante” del municipio de Martínez de la Torre, Veracruz, misma que obtuvo sus primeros ejemplares del CINVESTAV, Mérida.

## Obtención de cría

Las crías fueron obtenidas del CEIEGT, la granja piscícola “La Presa” y la granja piscícola “El Colibrí”, para: Pargo-UNAM, Tilapia del Nilo gris y Tilapia Red Jumbo, respectivamente. Las crías de cada grupo genético fueron enviadas al área de crianza N°2 del MEIA-CEIEGT y dispuestas al azar en cuatro repeticiones por grupo a 5 días de eclosión.

## Cronología del cultivo

El cultivo intensivo de tilapia estuvo compuesto por diversas fases, entre las cuales podemos mencionar:

1. Inversión sexual. A partir de esta etapa dio inicio la fase experimental del cultivo. Inicio a los cinco días post-cosecha de huevo y concluyó al término del tratamiento hormonal. Duración: 30 días.
2. Crianza. Dio inicio a los 35 días post-cosecha de huevo y concluyó al alcanzar aproximadamente los 40 g de peso promedio para cada uno de los grupos genéticos. Duración: 56 días.
3. Engorda. Se consideró a partir de 40 g de peso promedio hasta alcanzar pesos promedio entre los 300 a 400 g, concluyendo con el sacrificio y fileteo del 25% de la población de cada grupo genético. Duración: 120 días.

### Fase de Inversión sexual

Esta etapa inicio con 1,100 crías/estanque de cinco días de nacidos con pesos promedio de 0.057, 0.042 y 0.029 g para Pargo-UNAM, Red Jumbo y Tilapia del Nilo gris respectivamente. Al inicio de la etapa se realizó la medición de 100 crías de cada grupo genético, con el objeto de asegurar que las crías se encontraban en una talla adecuada para el proceso de inversión sexual según lo descrito por Hiott y Phelps<sup>39</sup> (**Cuadro 3**).

Durante esta fase se suministró alimento comercial (Silver Cup®, Alimentos El Pedregal S.A. de C.V.) con 47% de proteína cruda (PC) en base seca (**Cuadro 4**) molido a partículas menores de 0.04 mm, para lo cual se utilizó un molino manual para café y un tamiz para concretos de 0.04 mm, del grupo FIIC, S.A. de C.V.

Una vez pulverizado el alimento se roció con un atomizador que contenía una solución previamente preparada de 500 ml de alcohol al 96% con fluoximesterona (9- $\alpha$ -fluoro-11- $\beta$ -hydroxy-17- $\alpha$ -methyltestosterona) disuelta a dosis de 10 mg/kg de alimento, de acuerdo con la técnica descrita por Phelps y Cole.<sup>40</sup> Una vez preparado el alimento con hormona era almacenado en refrigeración a 4°C para evitar su deterioro. El alimento se suministró a saciedad aparente según la ración recomendada por Olvera y Olivera.<sup>41</sup> El tratamiento hormonal tuvo una duración de 30 días.

#### **Cuadro 3**

Tallas promedio de las crías de Pargo-UNAM, Red Jumbo y Tilapia del Nilo gris, al inicio de la fase de inversión sexual.

<b>Grupo Genético</b>	<b>Talla Promedio (mm)</b>
Pargo-UNAM	15.2 $\pm$ 1.83
Red Jumbo	13.5 $\pm$ 2.68
Tilapia del Nilo gris	12.9 $\pm$ 0.95

## Fase de Crianza

En esta fase se usaron los mismos estanques de la fase anterior, sin embargo, en este caso se utilizaron solo 195 animales por replica. Los pesos iniciales promedio de los peces en esta etapa fueron de 0.821, 0.641 y 0.614 g para Pargo-UNAM, Red Jumbo y Tilapia del Nilo gris respectivamente.

Los animales se alimentaron con alimento comercial (Silver Cup®, Alimentos del Pedregal S.A. de C.V.) de 47% de proteína cruda (**Cuadro 4**) y con un tamaño de partícula de 1.5 mm de diámetro en el primer tercio de la fase, y 2.5 mm por el resto de la fase. La ración fue suministrada a saciedad aparente en cinco tomas al día con intervalos de 2 h entre cada toma, según lo recomendado por Olvera y Olivera.<sup>41</sup> La fase tuvo una duración de 56 días.

### **Cuadro 4**

Análisis químico proximal del alimento utilizado en las fases de inversión sexual y crianza de tres grupos genéticos de tilapia.

<b>Elemento (%)</b>	<b>Base húmeda</b>	<b>Base seca</b>
Materia seca	92.9	-----
Humedad	7.07	-----
Proteína cruda (N x 6.25)	44.3	47.7
Extracto Etéreo	11.3	12.1
Cenizas	7.9	8.5
Fibra cruda	0.7	0.8
Elementos libres de N	28.7	30.9
Energía digestible (Mcal/kg)		362.7

## Fase de Engorda

Para esta se fase se utilizaron 160 peces de cada grupo genético distribuidos en los cuatro estanques usados anteriormente en la fase de crianza, quedando a una densidad de 40 animales por m<sup>3</sup>. Los animales iniciaron con 54, 50 y 44g para Pargo-UNAM, Red Jumbo y Tilapia del Nilo gris, respectivamente.

La alimentación de esta etapa fue con alimento comercial (Silver Cup®, Alimentos del Pedregal S.A. de C.V.) con 34.8% de PC (**Cuadro 5**) en partículas de 3.5 mm de diámetro. El alimento fue suministrado a saciedad aparente en tres tomas con intervalos de 5 h entre cada toma, según lo recomendado por Olvera y Olvera.<sup>41</sup> Esta fase tuvo una duración de 128 días.

### **Cuadro 5**

Análisis químico proximal del alimento comercial utilizado en la fase de engorda de tres grupos genéticos de tilapia.

<b>Elemento (%)</b>	<b>Base húmeda</b>	<b>Base seca</b>
Materia seca	90.9	100
Humedad	9.1	0
Proteína cruda (N x 6.25)	31.7	34.8
Extracto Etéreo	4.1	4.4
Cenizas	5.9	6.5
Fibra cruda	3.5	3.8
Elementos libres de N	45.9	50.5
Energía digestible (Mcal/Kg)	330.01	

## Rendimiento en filete

Para la determinación del rendimiento en filete se tomó una muestra de peces equivalente al 10% de la población final para ser sacrificados y fileteados en condiciones de laboratorio.

Previo al sacrificio, los peces se sumergieron en agua con hielo a temperaturas menores de 3°C para provocar un estado de sedación causado por el shock térmico. Una vez lograda la sedación se realizó una incisión a la altura de la cavidad craneo-encefálica, para finalizar el sacrificio por descerebración, bajo las recomendaciones hechas por Rubio y Silveria<sup>42</sup> para sacrificio humanitario de peces. Se realizó la obtención del filete de acuerdo con la técnica propuesta por Garduño<sup>43</sup> técnica que se describe a continuación:

1. Se realiza el primer corte desde la parte caudal de la inserción de la aleta pectoral hacia la parte central de la base de la cabeza, con un corte de 45° (**Figura 13 A**).
2. El segundo corte se realiza sobre la parte dorsal del pescado, lo más próximo a las espinas dorsales y columna vertebral, continuando hasta la región ventral para remover el filete con piel (**Figura 13 B, C, D**).
3. Se vuelve aplicar el mismo proceso para el otro lado y obtener el otro filete (**Figura 13 E**).
4. Por último, con ayuda de una tabla y un picahielos, se sostiene la piel de la zona caudal del filete, y con el cuchillo se realiza un corte entre el filete y piel (**Figura 13 F y G**).

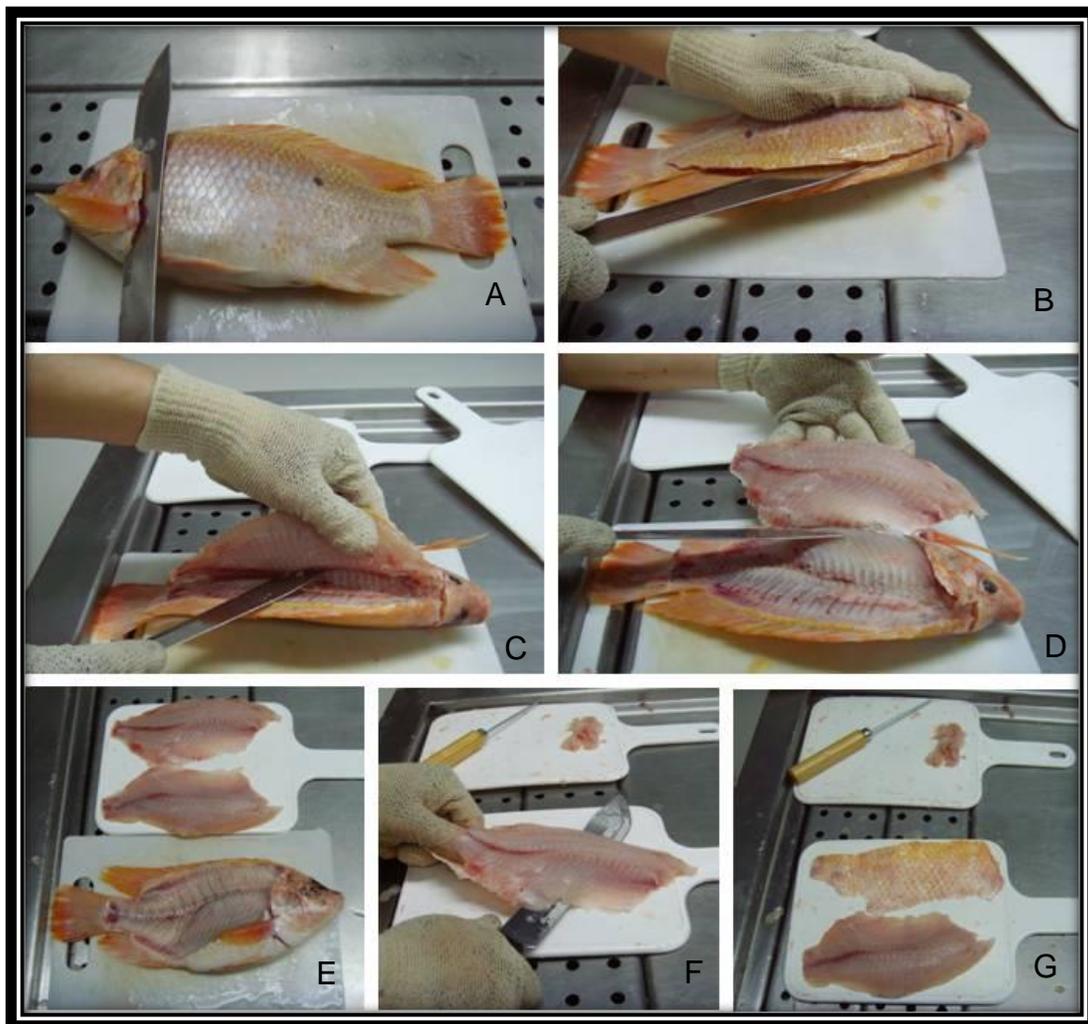


Figura 13. Técnica de obtención del filete de tilapia descrita por Garduño (2003).

## Biometrías

Durante las diversas fases de cultivo se realizaron pesajes de la población total de cada repetición y grupo genético, al inicio y término de cada fase experimental.

Así también, se tomaron muestras del 20% de la población inicial de cada fase, para monitorear los pesos promedio de cada grupo genético, en intervalos de 7 días (en el caso de fase de inversión sexual) y 28 días (4 semanas) en el caso de la fase de crianza y engorda; con el fin de determinar el ritmo de crecimiento de los peces.

Previo al inicio de cada fase y al final de la fase de engorda, se realizó la medición de la longitud total de cada uno de los peces que componían la muestra de cada repetición. La medición de la longitud total se realizó con un Vernier para las primeras dos fases experimentales y con una regla metálica para la fase de engorda.

## Determinación de rasgos productivos

Los rasgos productivos evaluados al término de cada etapa contemplada en el experimento fueron: peso final, índice de conversión alimenticia, supervivencia y rendimiento en filete.

### Supervivencia

Estima el porcentaje de peces que vivieron al final del experimento:

$$SUP = 100(NF/NI)$$

En donde:

**SUP** = Supervivencia

**NF** = Número de peces que finalizaron el experimento

**NI** = Número de peces que iniciaron el experimento

**100** = Constante para expresar el resultado en porcentaje

## Índice de conversión alimenticia

Es el alimento utilizado para producir una unidad de peso en un grupo genético:

$$ICA = AC/GTP$$

En donde:

**ICA** = Índice de conversión alimenticia

**AC** = Alimento consumido

**GTP** = Ganancia total de peso

## Rendimiento en filete

Es el porcentaje del peso del pez correspondiente a su filete.

$$RE = 100(PF/PP)$$

En donde:

**RE** = Rendimiento en filete

**PF** = Peso total del filete

**PP** = Peso total del pescado

**100** = Constante para expresar el resultado en porcentaje

## Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente al azar<sup>44</sup> con tres tratamientos y cuatro repeticiones.

Para el análisis estadístico de los rasgos productivos: peso inicial, conversión alimenticia, supervivencia y rendimiento en filete\*, se utilizó el siguiente modelo para el análisis de varianza.<sup>44, 45</sup>

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$$

En donde:

**$Y_{ij}$**  = valor fenotípico (peso final) observado del grupo genético (i) en la unidad experimental (j).

**$\mu$**  = media poblacional común a todas las observaciones.

**$t_i$**  = efecto del grupo genético (i)

**$e_{ij}$**  = efecto aleatorio del error del grupo genético (i) y de la unidad experimental (j) con distribución  $n(0, \sigma)$ .

---

\* Dado que la supervivencia y el rendimiento no tienen una distribución normal, se realizó la transformación arcoseno.

Para el caso del rasgo productivo referente al peso final se realizó un análisis de covarianza, utilizando el peso inicial como co-variable, ya que fue distinto para cada uno de los tres tratamientos. Se utilizó el siguiente modelo.<sup>44, 45</sup>

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \beta(xi - \bar{x}) + e_{ij}$$

En donde:

**$Y_{ij}$**  = valor fenotípico (peso final) observado del grupo genético (i) en la unidad experimental (j).

**$\mu$**  = media poblacional común a todas las observaciones.

**$t_i$**  = efecto del grupo genético (i)

**$\beta(xi - \bar{x})$**  = es el efecto de la regresión originada por la co-variable

**$e_{ij}$**  = efecto aleatorio del error del grupo genético (i) y de la unidad experimental (j) con distribución  $n(0, \sigma)$ .

El análisis estadístico se efectuó con los procedimientos de Análisis de Varianza y Análisis de Co-varianza del programa para análisis estadístico SAS.<sup>46</sup>

En el caso de las variables: peso inicial, conversión alimenticia, supervivencia y rendimiento en filete, la comparación múltiple de medias se realizó mediante la prueba de Tukey<sup>45</sup> y para el caso del peso final, la comparación de medias se realizó mediante pruebas de "t" con la opción pdiff de proc GLM (General Linear Models) del programa para análisis estadístico del SAS.<sup>46</sup>

## RESULTADOS

### Inversión sexual

En el **Cuadro 6** se muestran los valores de las variables productivas evaluadas durante la etapa de inversión sexual. Se puede observar que en esta etapa no hay diferencias significativas ( $P > 0.05$ ), entre los pesos finales de los tres grupos genéticos, sin embargo, en la supervivencia se pueden apreciar diferencias ( $P \leq 0.05$ ) entre la Tilapia del Nilo de tipo silvestre y los dos híbridos rojos: Pargo-UNAM y Red Jumbo.

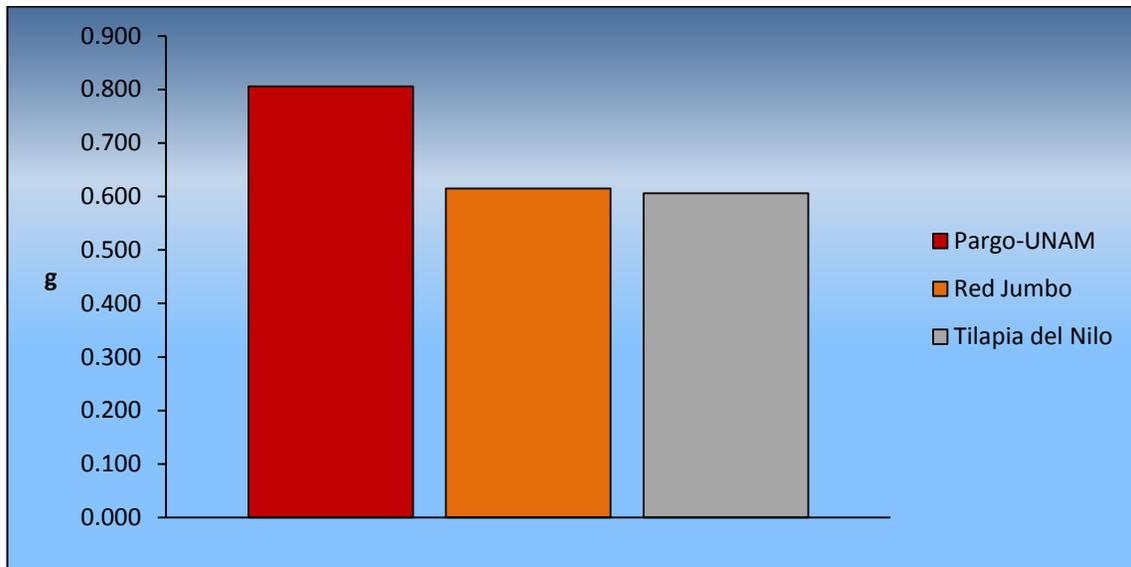
#### Cuadro 6

VARIABLES PRODUCTIVAS EVALUADAS DURANTE LA ETAPA DE INVERSIÓN SEXUAL DE TRES GRUPOS GENÉTICOS DE TILAPIA.

Variable <sup>1</sup>	Grupo Genético			Pr > F	EE <sup>2</sup>
	Pargo-UNAM	Red Jumbo	Tilapia del Nilo		
Supervivencia (%)	70.4 <sup>b</sup>	78.0 <sup>b</sup>	94.6 <sup>a</sup>	0.0001	2.3579
Peso Inicial (g)	0.06 <sup>a</sup>	0.04 <sup>b</sup>	0.03 <sup>c</sup>	0.0000	0.0033
Peso final (g)	0.81 <sup>a</sup>	0.62 <sup>a</sup>	0.61 <sup>a</sup>	0.0772	0.0443

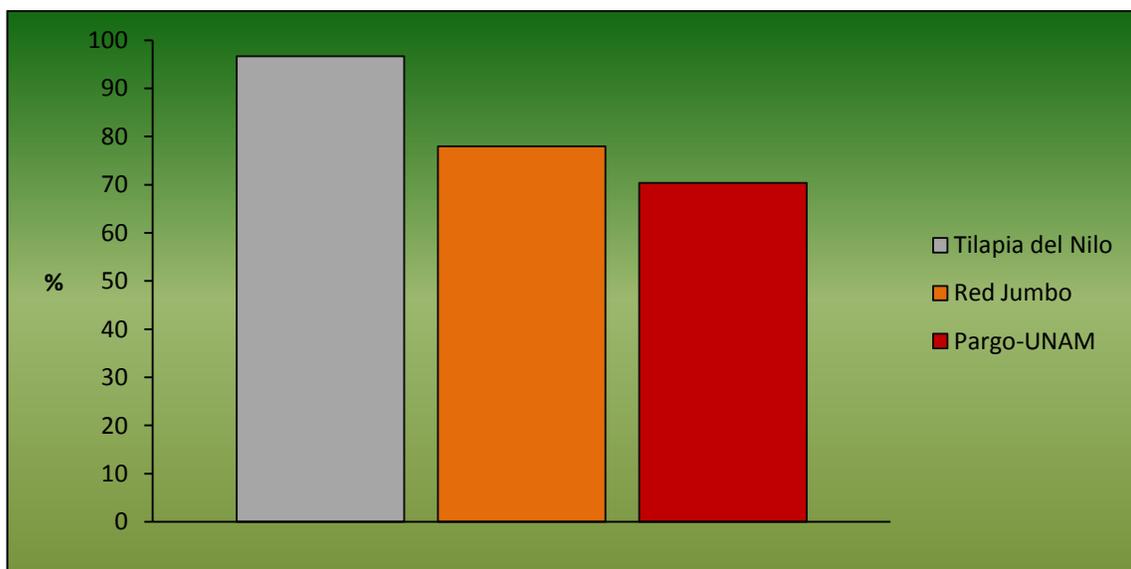
<sup>1</sup>Valores con el mismo superíndice en la misma fila no son diferentes ( $P > 0.05$ ); <sup>2</sup>EE= Error Estándar

En la **Figura 14** se muestra el peso final obtenido al término de la etapa de inversión sexual para los tres grupos genéticos.



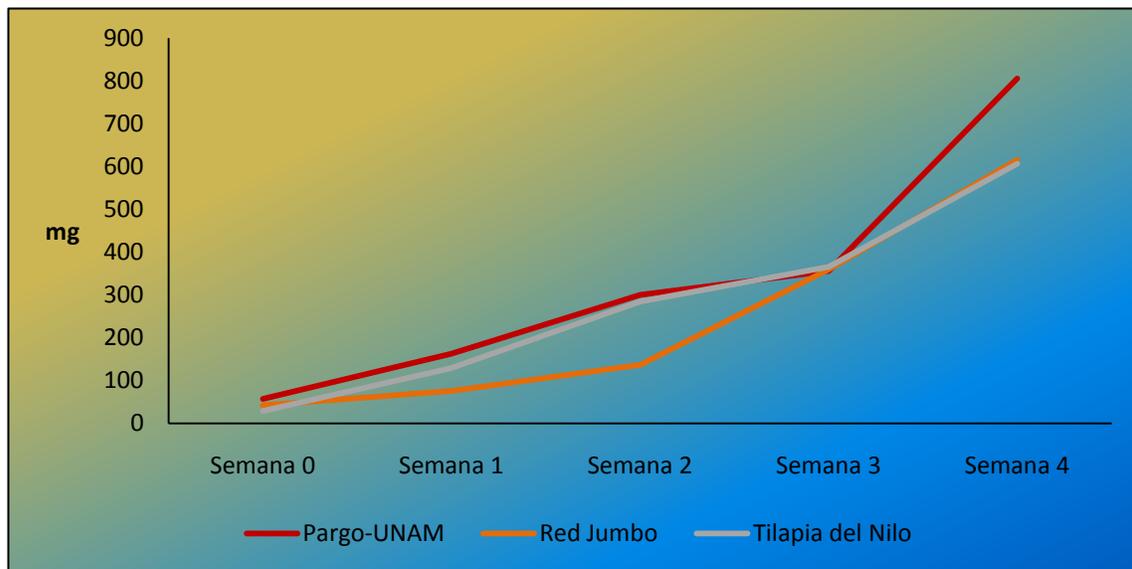
**Figura 14.** Pesos finales de tres grupos genéticos de tilapia al final de la etapa de inversión sexual (30 días).

En la **Figura 15** se observa la supervivencia obtenida durante la etapa de inversión sexual para los tres grupos genéticos.



**Figura 15.** Supervivencia de tres grupos genéticos de tilapia al final de la etapa de inversión sexual (30 días).

En la **Figura 16** se observa el incremento de peso mostrado por los tres grupos genéticos durante la etapa de inversión sexual.



**Figura 16.** Aumento de peso de los tres grupos genéticos durante la etapa de inversión sexual.

## Crianza

En el **Cuadro 7** se muestran los promedios generales de las variables productivas evaluadas en la etapa de crianza: supervivencia, peso inicial, peso final e índice de conversión alimenticia de los tres grupos genéticos. Como se puede apreciar se encontraron diferencias ( $P \leq 0.05$ ) en el índice de conversión alimenticia (ICA) y en el rasgo de supervivencia, a diferencia del rasgo de peso final, donde todos fueron similares ( $P > 0.05$ ). Con respecto al ICA vemos que el Pargo-UNAM tuvo la mejor conversión alimenticia y el Red Jumbo tuvo la menos favorecida, sin embargo todos mostraron un ICA menor a 1. Por el lado de la supervivencia, el Pargo UNAM obtuvo el valor más bajo de los tres grupos genéticos.

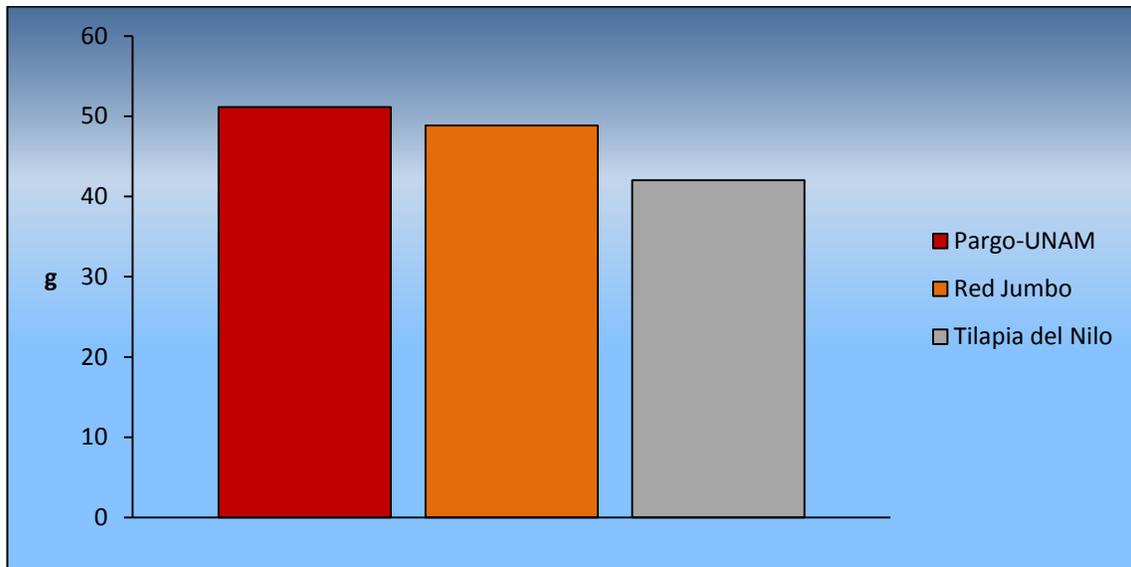
**Cuadro 7**

Variables productivas evaluadas durante la etapa de crianza

Variable <sup>1</sup>	Grupo Genético			Pr > F	EE <sup>2</sup>
	Pargo-UNAM	Red Jumbo	Tilapia del Nilo		
Supervivencia (%)	95.7 <sup>b</sup>	99.7 <sup>a</sup>	99.7 <sup>a</sup>	0.0018	2.0852
Peso Inicial (g)	0.82 <sup>a</sup>	0.64 <sup>a</sup>	0.61 <sup>a</sup>	0.0772	0.0443
Peso final (g)	51.1 <sup>a</sup>	48.9 <sup>a</sup>	42 <sup>a</sup>	0.1318	1.7394
ICA	0.64 <sup>a</sup>	0.82 <sup>c</sup>	0.75 <sup>b</sup>	0.0001	0.0227

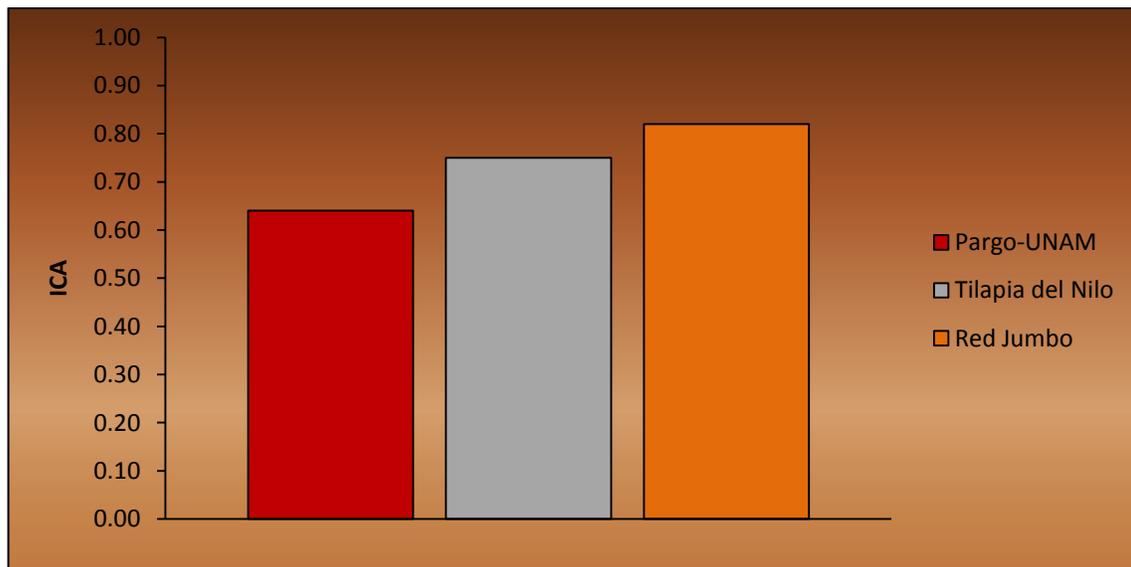
<sup>1</sup>Valores con el mismo superíndice en la misma fila no son diferentes ( $P > 0.05$ ); <sup>2</sup>EE= Error Estándar

En la **Figura 17** se muestra el peso final obtenido al término de la etapa de crianza de tres grupos genéticos de tilapia.



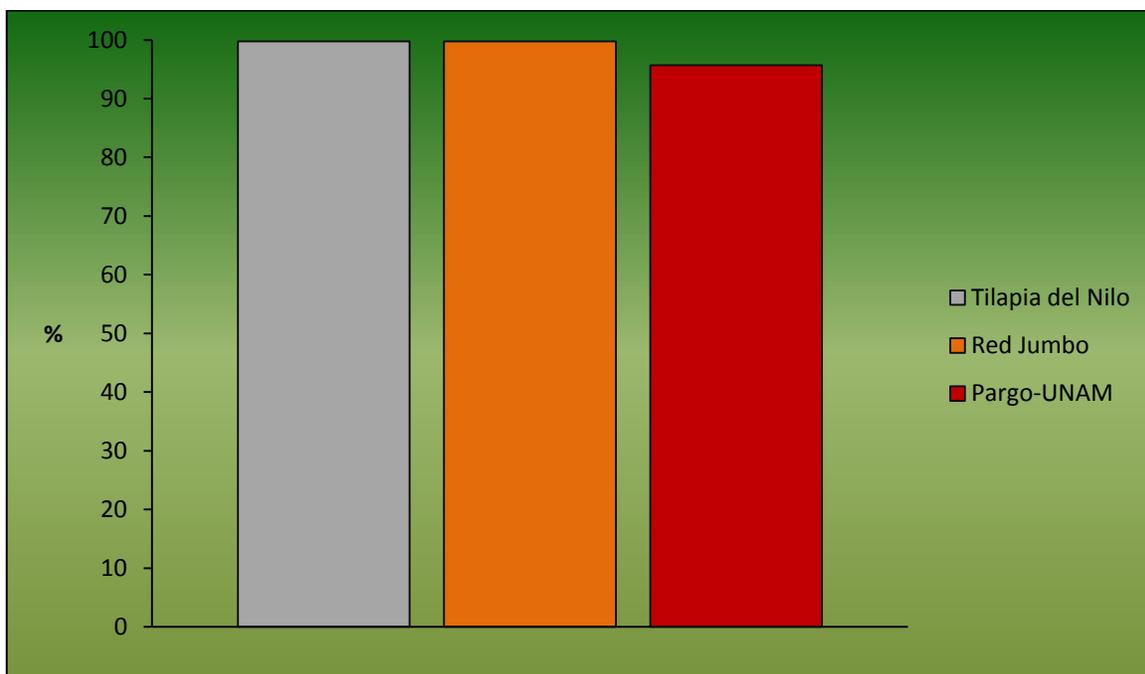
**Figura 17.** Pesos finales de tres grupos genéticos de tilapia al término de la etapa de crianza (91 días).

En la **Figura 18** se muestra el índice de conversión alimenticia obtenido durante la etapa de crianza para los tres grupos genéticos.



**Figura 18.** Índice de conversión alimenticia de tres grupos genéticos de tilapia al término de la etapa de crianza (91 días).

En la **Figura 19** se muestra la supervivencia lograda al término de la etapa de crianza para los tres grupos genéticos.



**Figura 19.** Supervivencia de tres grupos genéticos de tilapia al término de la etapa de crianza (91 días).

## Engorda

En el **Cuadro 8** se muestran los valores de las variables productivas evaluadas en la etapa de engorda. No se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) en ninguno de los rasgos productivos evaluados, excepto en el peso final, donde el Pargo-UNAM se mostró similar ( $P > 0.05$ ) a la Tilapia del Nilo de tipo silvestre, pero superior ( $P < 0.05$ ) al híbrido rojo Red Jumbo, mientras que este último se mostró un peso similar ( $P > 0.05$ ) a la Tilapia del Nilo de tipo silvestre.

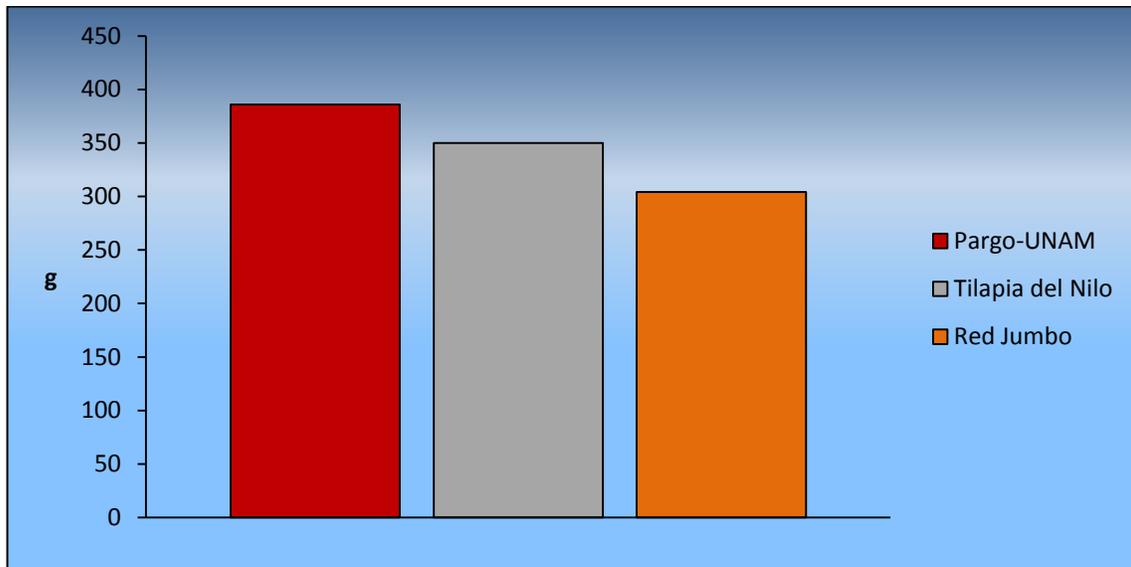
### **Cuadro 8**

Variables productivas evaluadas durante la etapa de engorda de tres grupos genéticos de tilapia

Variable <sup>1</sup>	Grupo Genético			Pr > F	EE <sup>2</sup>
	Pargo-UNAM	Red Jumbo	Tilapia del Nilo		
Supervivencia (%)	98.1 <sup>a</sup>	98.1 <sup>a</sup>	99.4 <sup>a</sup>	0.487	3.747
Peso Inicial (g)	53.6 <sup>a</sup>	51.4 <sup>a</sup>	50.8 <sup>a</sup>	0.132	1.739
Peso final (g)	386 <sup>a</sup>	304 <sup>b</sup>	350 <sup>ab</sup>	0.011	17.762
ICA	1.41 <sup>a</sup>	1.39 <sup>a</sup>	1.34 <sup>a</sup>	0.766	0.092
Rendimiento en filete (%)	34.4 <sup>a</sup>	34 <sup>a</sup>	33.4 <sup>a</sup>	0.665	0.681

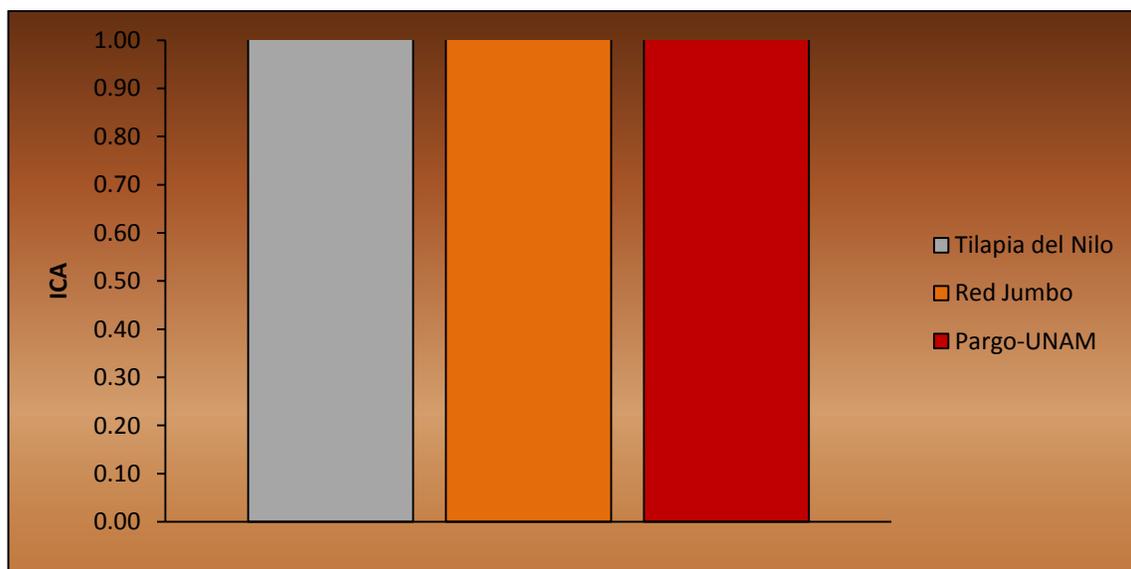
<sup>1</sup>Valores con el mismo superíndice en la misma fila no son diferentes ( $P > 0.05$ ); <sup>2</sup>EE= Error Estándar

En la **Figura 20** se muestran los pesos finales obtenidos en la etapa de engorda para los tres grupos genéticos.



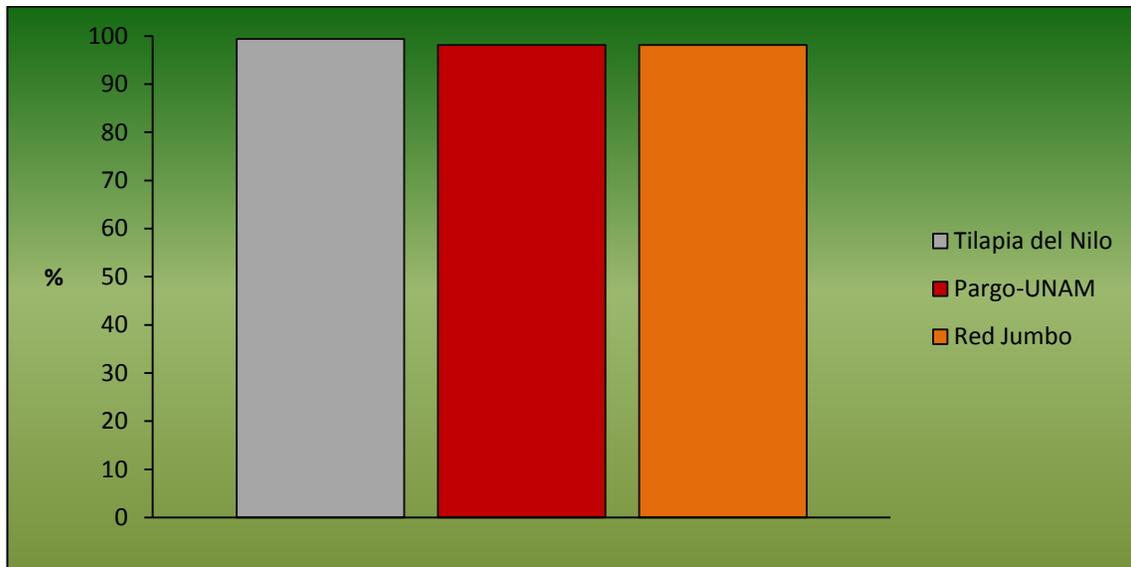
**Figura 20.** Pesos finales de tres grupos genéticos de tilapia al término de la etapa de engorda (211 días).

En la **Figura 21** se muestra el índice de conversión alimenticia obtenido durante la etapa de engorda para los tres grupos genéticos.



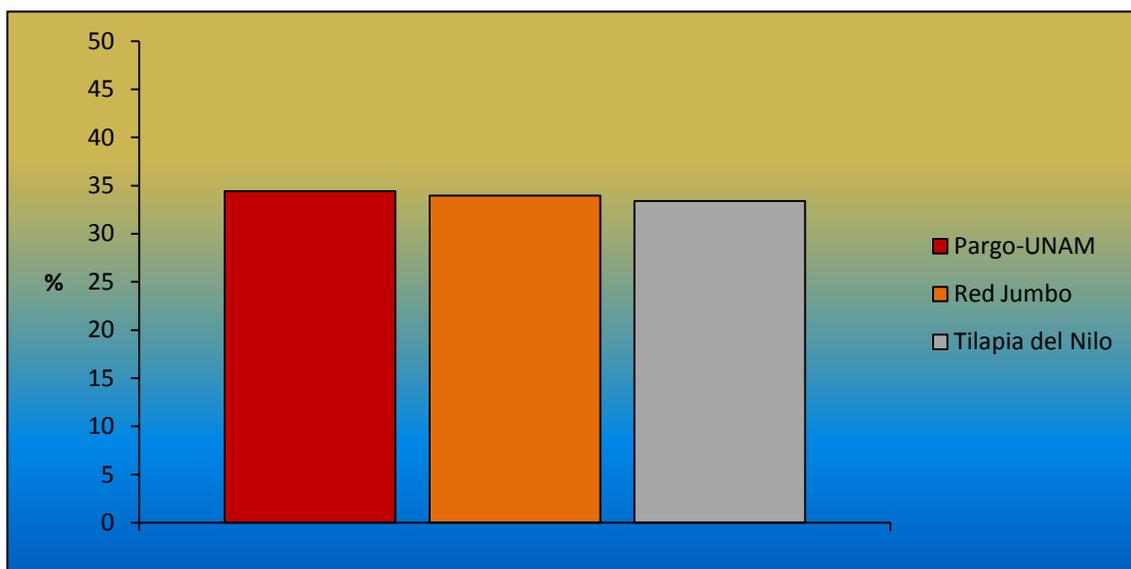
**Figura 21.** Índice de conversión alimenticia de tres grupos genéticos de tilapia al término de la etapa de engorda (211 días).

En la **Figura 22** se muestra la supervivencia lograda al final de la etapa de engorda para los tres grupos genéticos.



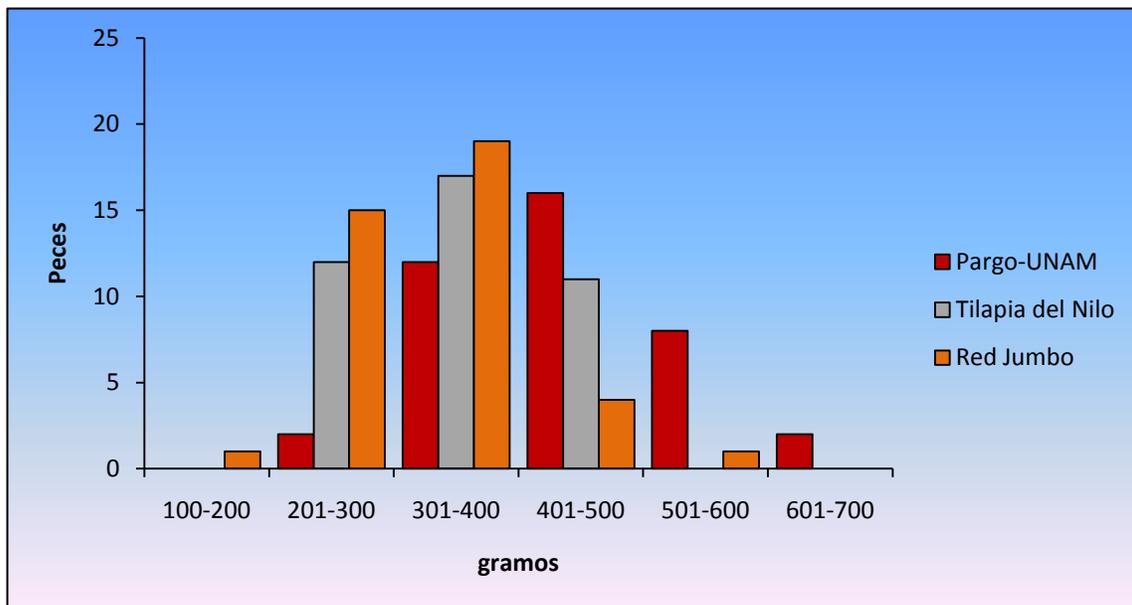
**Figura 22.** Supervivencia de tres grupos genéticos de tilapia al término de la etapa de engorda (211 días).

En la **Figura 23** se muestra el rendimiento en filete obtenido al final de la etapa de engorda para los tres grupos genéticos.

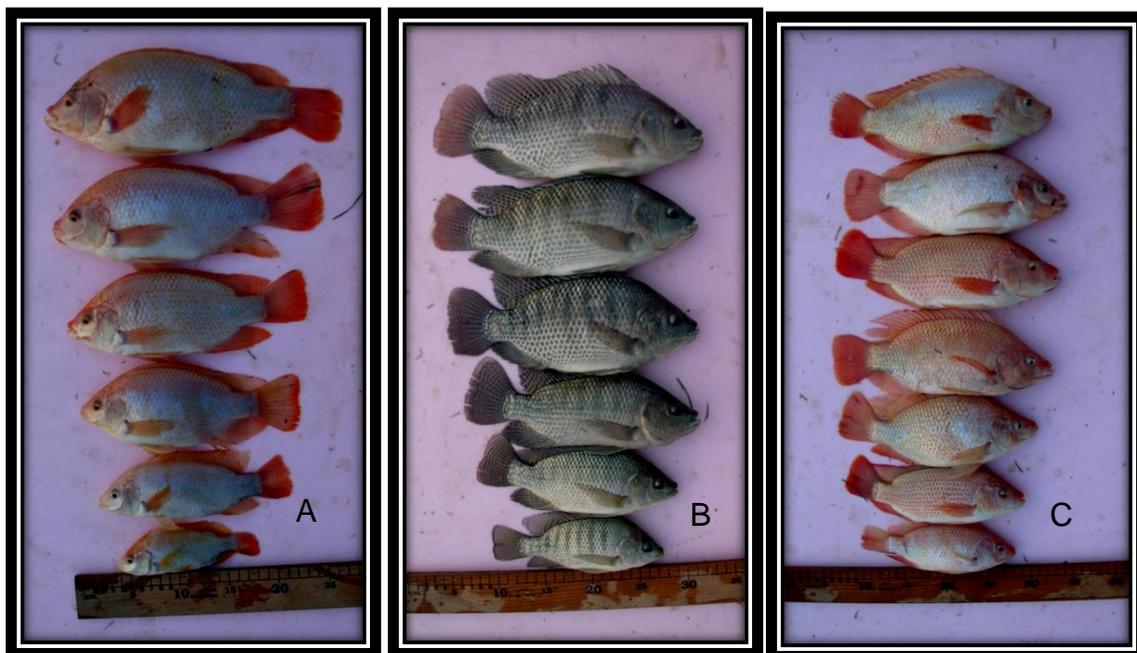


**Figura 23.** Rendimiento en filete de tres grupos genéticos de tilapia al término de la etapa de engorda (211 días).

En las **Figura 24** y **Figura 25** se muestran la dispersión de los pesos finales de una muestra del 25% de cada grupo al finalizar la etapa de engorda.

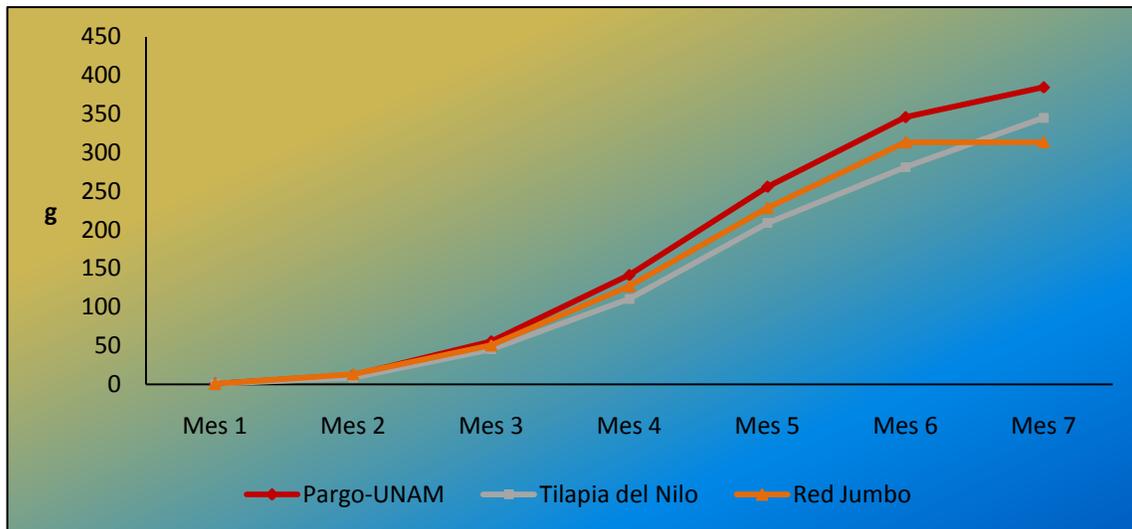


**Figura 24.** Dispersión de pesos finales de tres grupos genéticos de tilapia al término de la etapa de engorda (211 días).



**Figura 25.** Dispersión de tallas de los tres grupos genéticos al finalizar la fase de engorda. (A) Pargo-UNAM, (B) Tilapia del Nilo gris, (C) Red Jumbo.

En la **Figura 26** se observa el incremento de peso mostrado por los tres grupos genéticos durante el desarrollo del presente estudio hasta concluir 211 días de cultivo intensivo. Podemos apreciar que a los seis meses el Pargo-UNAM ya había alcanzado un peso comercial de 350-400 g, mientras que el Red Jumbo y la Tilapia del Nilo gris a penas se ubicaban alrededor de los 300 g.



**Figura 26.** Aumento de peso de tres grupos genéticos de tilapia a los 211 días.

## DISCUSIÓN

### Supervivencia

Durante la fase de inversión sexual se encontraron las supervivencias más bajas para las tilapias rojas Pargo-UNAM y Red Jumbo, esto debido a la manifestación de una epidemia ocasionada por *Gyrodactylus cichlidorum* en conjunto con *Trichodina sp.* los cuales son un trematodo monogeneo y un protozoario ciliado, respectivamente. Estas parasitosis se caracterizan por atacar poblaciones jóvenes y con alta densidad de población, provocando lesiones en el epitelio que pueden llegar a complicarse con septicemias y micosis, causando altas mortalidades en crías.<sup>47, 48</sup> La mayor afección de estas epidemias se manifestó en la última semana de la inversión sexual, donde las crías pesaban poco menos de 1 g de peso y las tinas se encontraban en altas densidades. Para el control de esta epidemia se recurrió al tratamiento con cloruro de sodio a una dosis de 10-15 g/l y formalina (formol al 10%) de acuerdo a la técnica propuesta por Rubio,<sup>48</sup> logrando con éxito el control de la enfermedad a la segunda semana de iniciada la epidemia (la cual coincidió con la primera semana de la fase de crianza). En el caso de la Tilapia del Nilo gris la mortalidad se mantuvo dentro del porcentaje esperado para crías en esta fase productiva, esto a pesar de la epidemia, lo que nos hace pensar en una mayor susceptibilidad de las tilapias rojas a este tipo de enfermedades, en comparación a la Tilapia del Nilo gris. En cuanto a la presentación de la enfermedad coincide con lo reportado por Ortiz<sup>31</sup> y Medina,<sup>34</sup> ya que estos dos autores presentaron cuadros clínicos de una enfermedad bacteriana y de infestación con *Gyrodactylus sp.* y *Trichodina sp.*, respectivamente, aunque en estos dos estudios las enfermedades se presentaron en etapas más tardías. Así también, Morales<sup>30</sup> y Constantino<sup>36</sup> reportaron una menor supervivencia en estadios similares a los del presente estudio, sin embargo se le atribuyó a la depredación de insectos acuáticos y la variación de variables físico-químicas del agua, respectivamente. Si bien se difiere de Ortiz,<sup>31</sup> Medina<sup>34</sup> y Peña<sup>35</sup> en lo que a la mortalidad respecta, la mayoría presentaron mortalidades en etapas tempranas del cultivo de tilapia, enfatizando la mayor susceptibilidad de mortalidad de las tilapias en fases tempranas del cultivo.

En la fase de crianza el Pargo-UNAM mostró una supervivencia inferior a la tilapia Red Jumbo y la Tilapia del Nilo gris, lo cual se atribuye a las lesiones ocasionadas en la última semana de la inversión sexual por las enfermedades presentadas, aunque en este estadio se mantuvo dentro de la mortalidad esperada para esta fase productiva siendo superior al 90%, para el caso del Pargo-UNAM. Esto coincide con lo encontrado por Ortiz,<sup>31</sup> Salazar,<sup>32</sup> Medina,<sup>34</sup> Peña<sup>35</sup> y Constantino<sup>36</sup>

Durante la fase de engorda, la supervivencia se mantuvo dentro de lo esperado, por arriba del 98% y sin diferencias entre los tres grupos genéticos. Morales<sup>30</sup>, Ortiz<sup>31</sup>, Salazar<sup>32</sup>, Ramírez<sup>33</sup>, y Peña<sup>35</sup> encontraron supervivencias superiores al 95% y similares a la Tilapia del Nilo gris en esta misma fase, semejantes al presente estudio. Por otra parte, Medina<sup>34</sup> obtuvo supervivencias inferiores al 80% para ambos grupos, esta mortalidad fue atribuida a una infección por *Aeromonas hydrophila*, bacteria que por las condiciones ambientales de la zona donde se realizó el cultivo, provocó alta mortalidad en los peces durante esta etapa. Así también, Constantino<sup>36</sup> obtuvo una mortalidad más alta para la Tilapia del Nilo gris que para las tilapias rojas: Red Jumbo y Pargo-UNAM, debido a una infección bacteriana. Estos dos últimos casos difieren de lo encontrado en el presente estudio, enfatizando la importancia del agua como vector de enfermedades, para tomar en consideración el conocimiento del origen y control de entrada de las aguas utilizadas en el cultivo.

## Peso final

Al término de 211 días de cultivo intensivo, el Pargo-UNAM obtuvo un peso similar a la Tilapia del Nilo gris o de tipo silvestre, coincidiendo con Morales,<sup>30</sup> Ortiz,<sup>31</sup> Salazar,<sup>32</sup> Ramírez<sup>33</sup> y Medina<sup>34</sup>. Sin embargo difiere de Peña<sup>35</sup> y Constantino,<sup>36</sup> ya que ambos encontraron diferencias estadística a favor de la Tilapia del Nilo gris o de tipo silvestre, se infiere que las diferencias entre lo reportado por Constantino<sup>36</sup> y el presente estudio se debió a las condiciones físico-químicas del agua, ya que en el presente trabajo todas las variables fisicoquímicas del agua se encontraron dentro de lo óptimo para cultivo de tilapia, a diferencia de lo reportado en el estudio de Constantino<sup>36</sup>, ya que la autora atribuye el pobre desempeño productivo de los tres grupos genéticos de tilapia evaluados en su estudio, a las malas condiciones del agua.

Por otra parte, el Pargo-UNAM resultó con un mayor crecimiento que el híbrido Red Jumbo, lo cual coincide con la premisa que respaldan los trabajos de Jiménez y colaboradores,<sup>29</sup> Salazar<sup>32</sup> y Peña<sup>35</sup>, donde el Pargo-UNAM se mostró superior a la mayoría de las tilapias rojas cultivadas en México, y difiere con lo reportado por Constantino<sup>36</sup>, posiblemente debido a que en el presente estudio, como ya fue mencionado, las variables físico-químicas del agua se mantuvieron dentro de los rangos óptimos para el cultivo de tilapia y probablemente a una mayor tolerancia a un desarrollo favorable en condiciones de baja temperatura, característica que el Pargo-UNAM pudo adquirir de la tilapia Rocky Mountain, de la cual mantiene en su genotipo un 25%, grupo genético caracterizado por su resistencia a temperaturas bajas. Cabe mencionar que el estancamiento en el ritmo de crecimiento del Red Jumbo se observó en el sexto mes de cultivo, coincidiendo con el decremento en la temperatura del agua al iniciar la época de nortes en el CEIEGT.

## Conversión Alimenticia

En la fase de crianza, los tres grupos genéticos mostraron índices de conversión alimenticia (ICA) menores a 1. El Pargo-UNAM tuvo un ICA más eficiente en contraste con la Red Jumbo que obtuvo la peor conversión de los tres, se difiere con Ramírez,<sup>33</sup> Peña,<sup>35</sup> Constantino<sup>36</sup> y Jiménez<sup>49</sup> quienes obtuvieron un ICA mayor a 1 y similar para los tres grupos genéticos. Se sugiere que la diferencia en el ICA se encuentran estrechamente relacionada, por una parte a la calidad del agua, y por la otra al sistema de cultivo utilizado, puesto que los estudios antes mencionados tienen en común el haberse llevado cabo en jaulas flotantes, por lo que pudo haberse obstaculizado el acceso a organismos de la comunidad planctónica como fuente importante de alimento en esta fase en particular, como son el perifiton y el bentos.<sup>38, 50</sup> Por otra parte, coinciden con lo reportado por Morales,<sup>30</sup> Salazar<sup>32</sup> y Medina,<sup>34</sup> quienes utilizaron un método de cultivo de cría muy similar al de este estudio, y tienen como factor común el cultivo en estanques circulares con sistema de flujo cerrado de agua eutrófica, factor que puede respaldar la premisa sugerida de que el uso de jaulas reduce la eficiencia de conversión alimenticia debido a la restricción en el consumo de alimento natural.

En la fase de engorda no hubo diferencias de conversión alimenticia entre ningún grupo genético, lo cual concuerda con Morales,<sup>30</sup> Ortiz,<sup>31</sup> Salazar,<sup>32</sup> Medina<sup>34</sup> y Peña,<sup>35</sup> que obtuvieron un ICA similar, de alrededor de 1.3, lo cual, según Akiyama,<sup>51</sup> se encuentra dentro de un rango óptimo de conversión alimenticia. Sin embargo, difiere de lo encontrado por Constantino<sup>36</sup> puesto que encontró diferencias significativas entre la Tilapia del Nilo gris y los híbridos rojos: Red Jumbo y Pargo-UNAM, siendo este último quien registró el ICA menos favorable, aunque también se ubicaron por debajo de 2.

## Rendimiento en filete

Timmons y colaboradores<sup>52</sup> indican que un rendimiento en filete (RF) mayor al 30% es aceptable para las tilapias. En el presente trabajo se determinaron porcentajes mayores al 33% lo cual nos indica que las tilapias evaluadas obtuvieron un RF superior al aceptable, además se mostró similar en los tres grupos genéticos, esto coincide con Salazar,<sup>32</sup> Ramírez,<sup>33</sup> Medina,<sup>34</sup> Peña<sup>35</sup> y Constantino<sup>36</sup>. Y se difiere de Morales<sup>30</sup> y Ortiz,<sup>31</sup> puesto que ambos autores obtuvieron rendimientos en filete para el Pargo-UNAM de menos del 30%, atribuyendo esta diferencia al peso de los animales. Además Morales<sup>30</sup> reportó que la Tilapia del Nilo gris tuvo un mayor RF que el Pargo-UNAM, siendo este el único trabajo en donde se encontraron diferencias para este rasgo productivo.

## CONCLUSIÓN

- El Pargo-UNAM y la Red Jumbo mostraron una menor supervivencia por lo que se concluye que son más susceptibles a enfermedades o condiciones adversas del medio en contraste con la Tilapia del Nilo gris.
- Al tener evidencia de que en el Pargo-UNAM, al menos en un rasgo productivo (peso final) fue superior a la tilapia roja Red Jumbo y similar a la Tilapia del Nilo gris, la cual no puede ser insertada en los mercados que dan un valor preferencial a las tilapias de colores diferentes al gris, se muestra la conveniencia de posicionar al Pargo-UNAM como una alternativa viable en el cultivo de tilapia roja.
- Los tres grupos genéticos mostraron un índice de conversión alimenticia y un rendimiento en filete similar, por lo que se evidencia que estos rasgos no fueron mejorados por la población sintética Pargo-UNAM.

## BIBLIOGRAFÍA

1. El-Sayed AF. Tilapia Culture. Oxford: CABI Publishing, 2006.
2. Global Aquaculture Production 1950-2007 [database on the internet]. FAO Fisheries Statistics. [cited 2010 Jan 05]. Available from: <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/query/en>.
3. Yearbooks of Fishery Statistics [database on the internet] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. c2007-[Cited 2010 Jan 16]. Available from: <ftp://ftp.fao.org/fi/STAT/summary/default.htm#aqua>.
4. Anuario de Pesca 2008 [base de datos en internet] Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. c2009-[Citado 2010 ene 09]. Disponible en: [http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/anuario\\_2008](http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/anuario_2008).
5. Garduño M, Herrera JR, Angulo JO, Muñoz G, Medina J. Evaluación química y sensorial en filetes de *Oreochromis niloticus* y un híbrido rojo de tilapia. En: Barradas H, et al, editores. Avances en la Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal y Acuícola en el Trópico Mexicano. Veracruz: INIFAP-UV-CP-UAC-ITUG-ITBOCA-UNAM, 2006:(3):29-37.
6. Fitzgerald W. The red-orange tilapia: a hybrid that could become a world favourite. Fish Farming International 1979;6:26-27.
7. Wolfarth GW, Hulata G. Applied genetics of tilapias. 2<sup>nd</sup> ed. Manila:ICLARM Studies and Reviews, 1983.
8. Muñoz G. Heterosis, habilidad combinatoria, proporción de sexos y segregación del color rojo en un cruzamiento dialélico completo de tres especies de tilapia (*Oreochromis niloticus*, *O. mossambicus* y *O. aureus*) (tesis de maestría). México (DF) México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2000.
9. Eguia R. Reproductive performance of four red tilapia strains in different seed production systems. The Israeli Journal of Aquaculture Bamidgeh 1996; 48:10-18.

10. Muñoz G, Garduño M. Comparación del crecimiento entre *Oreochromis niloticus*, *O. mossambicus* y su híbrido bajo condiciones de cultivo. Vet. Méx. 1994; 25(4):323-326.
11. Muñoz G, Garduño M. Mejoramiento genético en tilapia: sistemas de cruzamiento y mecanismos genéticos en la determinación del color. Veracruz: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM-Sistema de Investigación del Golfo de México del CONACYT, 2003.
12. Castillo LF. La importancia de la tilapia roja en el desarrollo de la piscicultura en Colombia [database on the internet]. Arizona: College of Agriculture & Life Sciences, University of Arizona. c2008-[cited 2009 Nov 18]. Available from: <http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/new/TilapiaColombia.pdf>.
13. Arredondo-Figueroa JL, Guzmán-Arroyo M. Actual situación taxonómica de las especies de la tribu Tilapiini (Pisces:Cichlidae) introducidas en México. Anales del Instituto de Biología 1985;555-570.
14. Josupeit H. Informe del mercado de tilapia. Aquahoy: portal de información en acuicultura [base de datos de internet]. Roma: FAO GLOBEFISH. [actualizado 2009 may; citado 2009 oct 15]. Disponible en: [http://www.aquahoy.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=7827%3Ainforme-del-mercado-de-tilapia--mayo-2009&catid=58&Itemid=604&lang=es](http://www.aquahoy.com/index.php?option=com_content&view=article&id=7827%3Ainforme-del-mercado-de-tilapia--mayo-2009&catid=58&Itemid=604&lang=es)
15. McAndrew B. Evolution, phylogenetic relationship and biogeography. In: Beveridge M, McAndrew B, editors. Tilapias: Biology and Exploitation. Gran Bretaña : Kluwer Academic Publishers, 2000:1-32.
16. Velazquez LG. Reversión sexual en la mojarra *Oreochromis aureus*, mediante el uso de hormona Fluoximesterona (tesis de licenciatura). Santiago de Queretaro (Queretaro) México: Universidad Autónoma de Queretaro, 2001.
17. Arredondo-Figueroa JL, Lozano-Gracia S. El cultivo de tilapia en México. En: Escamilla MM, Raña AP, editores. Memorias del Primer Curso Internacional de Producción de Tilapia 1996; México (DF). México (DF): Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, 1996:7-18.

18. Morales A. La tilapia en México: Biología, cultivo y pesquerías. México DF: AGT, 1991.
19. Kuo H. Progress in genetic improvement of the red hybrids tilapia in Taiwan. In: Pullin RSV, editor. Proceedings of the Second International Symposium on Tilapia Aquaculture 1988 march 16-20; Manila, Philippines. Manila, Philippines: Department of Fishiries from Bangkok, Thailand-International Center for Living Aquatic Resources Management, 1988:219-221.
20. Hussain MG. Genetics in body color inheritance in Thai and Egyptian red tilapia strains. Asian Fisheries Science 1994;7:215-224.
21. Galman R, Moreau J, Avtalion R. Breeding characteristics and growth performances of Philippine red tilapia. In: Pullin RSV, editor. Proceedings of the Second International Symposium on Tilapia Aquaculture 1988 march 16-20; Manila, Philippines. Manila, Philippines: Department of Fishiries from Bangkok, Thailand-International Center for Living Aquatic Resources Managment, 1988:169-175.
22. El-Gamal AA, Smitherman RO. Viability of red and normal-colored *Oreochromis aureus* and *O. niloticus* hybrids. In: Pullin RSV, editor. Proceedings of the Second International Symposium on Tilapia Aquaculture 1988 march 16-20; Manila, Philippines. Manila, Philippines: Department of Fishiries from Bangkok, Thailand-International Center for Living Aquatic Resources Managment, 1988:153-158.
23. Hulata G, Karplus I, Harpaz S. Evaluation of some red tilapia strains for aquaculture: growth and colour segregation in hybrid progeny. Aquaculture Research 1995;26:765-771.
24. Siddiqui Q, Al-Harbi H. Evaluation of three species of tilapia, red tilapia and a hybrid tilapia as culture species in Saudi Arabia. Aquaculture 1995;138:145-157.
25. Macaranas M, Mather B, Lal N, Vereivalu T, Lagibalavu M, Capra F. Genotype and environment: A comparative evaluation of four tilapia stocks in Fiji. Aquaculture 1997;150: 11-24.
26. Garduño-Lugo M, Granados-Alvarez I, Olvera-Novoa MA, Muñoz-Córdova G. 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 *O. niloticus*) males. Aquaculture Research 2003;34:1023-1028.

27. Aparecida A, Marques HL, Silva AW Comparative growth performance of two Nile tilapia (Chitralada and Red-Stirling), their crosses and the Israeli tetra hybrid ND-56. *Aquaculture Research* 2005;36:1049-1055.
28. Velázquez MC. Heterosis y desempeño productivo en un cruzamiento dialélico entre *Oreochromis niloticus* y *O. mossambicus*. En: Barradas H, *et al*, editores. Avances en la Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal y Acuícola en el Trópico Mexicano. Veracruz:INIFAP-UV-CP-UAC-ITUG-ITBOCA-UNAM, 2006:(3):19-22.
29. Jiménez EA, Riego M, Muñoz G, Garduño M. Desempeño productivo de una población sintética de tilapia: Pargo-UNAM (1/4 Rocky Mountain, 1/4 *O. niloticus* y 1/2 Tilapia Roja de Florida) en la zona centro-norte del estado de Veracruz, México. En: Barradas H, *et al*, editores. Avances en la Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal y Acuícola en el Trópico Mexicano. Veracruz:INIFAP-UV-CP-UAC-ITUG-ITBOCA-UNAM, 2005:1-9.
30. Morales-Alamán V, Muñoz-Córdova G, Garduño-Lugo M. Desempeño productivo de la Tilapia del Nilo y una población compuesta de tilapia roja: el Pargo-UNAM. En: Barradas H, *et al*, editores. Avances en la Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal y Acuícola en el Trópico Mexicano. Veracruz:INIFAP-UV-CP-UAC-ITUG-ITBOCA-UNAM, 2007:57-62.
31. Ortiz F. Desempeño productivo de la tilapia del nilo y la población sintética de tilapia: Pargo-UNAM bajo cultivo intensivo en una explotación comercial en el estado de Veracruz (tesis de licenciatura). México (DF) México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2008.
32. Salazar M. Desempeño productivo de cuatro grupos genéticos de tilapia (*Oreochromis* spp.) en la zona centro-norte del estado de Veracruz (tesis de licenciatura). Tlatlauquitepec (Puebla) México: Benemerita Universidad Autónoma de Puebla, 2008.
33. Ramírez JG. Comparación del desempeño productivo de la población sintética de tilapia roja Pargo-UNAM y la Tilapia del Nilo gris bajo condiciones de cultivo intensivo (tesis de licenciatura). México (DF): Universidad Nacional Autónoma de México, 2009.
34. Medina AL. Desempeño productivo de la tilapia del nilo (*Oreochromis niloticus*) y el Pargo-UNAM en jaulas flotantes en el estado de Veracruz (tesis de licenciatura). Altamira (Tamaulipas) México: Instituto Tecnológico de Altamira, 2009.

35. Peña C. Comparación de crecimiento y rendimiento en filete entre una población sintética de tilapia roja, el Pargo-UNAM, la tilapia del nilo (*Oreochromis niloticus*) y un híbrido rojo en medellín de Bravo, Veracruz (tesis de licenciatura). México (DF) México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2009.
36. Constantino Y. Desempeño productivo de la tilapia del nilo gris (*Oreochromis niloticus*, L.) y dos tilapias rojas: el Pargo-UNAM y la tilapia Jumbo Red, bajo condiciones de cultivo intensivo en una explotación comercial en el estado de Veracruz (tesis de licenciatura). Altamira (Tamaulipas) México: Instituto Tecnológico de Altamira, 2009.
37. Google Earth [computer program]. Versión 5.0.1. EUA: U.S. Navy-Europa Technologies; 2010
38. Muir JF, Van Rijin J, Hargreaves J. Production in intensive and recycle systems. In: Beveridge M, McAndrew B, editors. Tilapias: Biology and Exploitation. Londres : Kluwer Academic Publishers, 2000:405-445.
39. Hiott A, Phelps R. Effects of initial age and size on sex reversal of *Oreochromis niloticus* fry using methyltestosterone. Aquaculture 1993;112(4):301-308.
40. Phelps R, Cole W, Katz T. Effect of fluoxymesterone on sex ratio and growth of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L). Aquaculture Research 1992;23(4):405-410.
41. Olvera MA, Olivera NL. Alimentación de tilapia. En: Escamilla MM, Raña AP, editores. Memorias del Primer Curso Internacional de Producción de Tilapia 1996; México (DF). México (DF): Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, 1996:158-180.
42. Rubio M, Silveira R. Bienestar de los animales acuáticos, con fines de control sanitario. Revista Electrónica Veterinaria [serial en línea] 2009 [citado 2010 febrero 1]. Disponible en: <http://revista.veterinaria.org/index.php/redvet/index>.
43. Garduño M. Selección genética de *Oreochromis niloticus* para producir poblaciones monosexo de color rojo (tesis de doctorado). Mérida (Yucatán) México : Instituto Politecnico Nacional, 2003.
44. Daniel W. Bioestadística: Base para el análisis de las ciencias de la salud. México: UTEHA-NORIEGA EDITORES, 1996.

45. Steel GD. Bioestadística: Principios y Procedimientos. 2da ed. Distrito Federal: McGraw-Hill/Interamericana, 1988.
46. SAS Institute Inc. SAS/STAT [computer program]. Version 6.03. Cary (NC) USA: SAS Institute Inc; 1988.
47. Southgate P. Enfermedades en acuicultura. En: Brown L, editora. Acuicultura para veterinarios. Zaragoza:Acribia, 2000:120-121.
48. Rubio-Godoy M. Infecciones de peces con *Gyrodactylus* [manual en línea]. Instituto de Ecología, AC [Citado el:15 de mayo de 2009]. Disponible en:  
<http://www.ecologia.edu.mx/inecol/personal/mrubio/ManualGyrodactylus.pdf>
49. Jimenez EA. Comportamiento productivo y heterosis retenida de la primera generación de una línea sintética de tres especies de tilapia (*Oreochromis aureus*, *O. niloticus*, *O. mossambicus*) en la zona centro-norte del estado de Veracruz (tesis de licenciatura). México (DF) México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2002.
50. Hopher B, Pruginin Y. Principales especies de peces cultivadas en estanques. En: Canudas LF, editor. Cultivo de peces comerciales. México : Limusa, 1991:63-68.
51. Akiyama M, Tan KH. Proceedings of the aquaculture feed: processing and nutrition Workshop. American Soybean Association 1991;241.
52. Timmons MB, Ebeling JM, Wheaton FM, Summerfelt ST, Vinci B. Recirculating Aquaculture Systems. 2<sup>da</sup> ed. USA: USDA, 2002.