

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
Y ZOOTECNIA

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
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA
PRESENTA

FRANCISCO OMAR ORTIZ RAMÍREZ

Asesores:

MPA Biol. Germán Muñoz Córdova

Dr. MVZ. Mario Garduño Lugo



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

Dedicatoria

Dedico esta tesis a mis papás: Irma Ramírez Díaz y José Francisco Ortiz Pedraza por el todo el apoyo y confianza que depositaron en mí a lo largo de toda mi vida, para que el día de hoy se posible ver concluido el sueño de una carrera profesional.

A Yuli por se lo mejor de mi vida además, que desde desde que la conocí fue un apoyo y una ayuda invaluable para terminar esta tesis.

A mis hermanos que siempre me brindaron su apoyo a pesar de la distancia...

A mis asesores, Germán y Mario quienes me guiaron y orientaron durante todo este tiempo. Además que compartieron conmigo sus conocimientos.

A Mario, entrenador de triatlón de la UNAM quien siempre me exigió ser una mejor persona y a hacer mucho ejerció.

A mis compañeros pesqueros por todos los momentos que convivimos en el Clarín y los que convivimos durante el trabajo de campo.

A Rafiki por su amistad.

A todos los compañeros del Clarín.

A las Tantoyucas, por su amistad sincera y sus clase de náhuatl.

A Roberto y a Toño por su apoyo para realizar el trabajo en la granja.

A todo el personal del Clarín y en especial a Liz.

Agradecimientos

A mis papás por el gran esfuerzo que hicieron para que yo pudiera concluir este trabajo, mil gracias.

A mi director de tesis, Germán Muñoz Córdova por haber aceptado dirigir esta tesis y por brindarme su amistad.

A mi asesor de tesis, Dr. Mario Garduño por su sabia orientación a lo largo de todo el trabajo de tesis y por su amistad.

Al Dr. Manuel Corro Director técnico del CEIEGT, por el apoyo para realizar éste trabajo en las instalaciones del CEIEGT.

A la Granja Piscícola “Agroindustria Pargo” por las facilidades brindadas para la realización del presente trabajo en sus instalaciones.

A Fondos Mixtos (FOMIX) Gobierno del estado de Veracruz - Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), quien mediante el proyecto 37487 financió parte de este estudio.

CONTENIDO

RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	7
INTRODUCCIÓN.....	8
ANTECEDENTES.....	10
Historia.....	10
Origen de la tilapia roja.....	11
Desempeño productivo de tilapias rojas y grises.....	12
Desempeño productivo de <i>Oreochromis niloticus</i>	14
Desempeño productivo de poblaciones híbridas.....	17
Poblaciones sintéticas de tilapia.....	19
HIPÓTESIS.....	25
OBJETIVO.....	26
Objetivos específicos.....	26
MATERIAL Y MÉTODOS.....	27
Localización.....	27
Fuente de agua de la granja.....	28
Grupos genéticos.....	28
Reproducción.....	30
Inversión sexual.....	30
Crianza.....	32
Preengorda.....	33
Engorda.....	33

Determinación de variables productivas.....	34
Supervivencia.....	34
Ganancia diaria de peso.....	35
Porcentaje de peso ganado.....	35
Tasa específica de crecimiento.....	36
Rendimiento en filete.....	36
Índice de conversión alimenticia.....	38
Medición de variables físico-químicas del agua.....	38
Diseño experimental y análisis estadístico.....	46
RESULTADOS.....	48
Fase de crianza.....	48
Fase de preengorda.....	50
Fase de engorda.....	52
Análisis de la distribución de la población.....	54
DISCUSIÓN.....	56
REFERENCIAS.....	63

LISTA DE CUADROS

CUADRO 1 FRECUENCIA Y MÉTODO DE MEDICIÓN DE ALGUNAS DE LAS PRINCIPALES VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA.....	39
CUADRO 2 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA DURANTE LA ETAPA DE CRIANZA.....	40
CUADRO 3 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA DURANTE LA ETAPA DE PREENGORDA.....	41
CUADRO 4 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA DURANTE LA ETAPA DE ENGORDA.....	41
CUADRO 5 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA DURANTE LAS ETAPAS DE CRIANZA, PREENGORDA Y ENGORDA DE LOS DOS GRUPOS GENÉTICOS.....	42
CUADRO 6 VARIABLES PRODUCTIVAS EVALUADAS DURANTE LA FASE DE CRIANZA.....	48
CUADRO 7 VARIABLES EVALUADAS DURANTE LA FASE DE PREENGORDA.....	50
CUADRO 8 VARIABLES PRODUCTIVAS EVALUADAS DURANTE LA FASE DE ENGORDA.....	52

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: AGROINDUSTRIAS PARGO S.A. DE C.V..	27
FIGURA 2: LOCALIZACIÓN DE AGROINDUSTRIAS PARGO S.A. DE C.V. LA ANTIGUA VERACRUZ.....	28
FIGURA 3: EJEMPLAR DE TILAPIA DEL NILO TIPO SILVESTRE (GRIS) (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	29
FIGURA 4: EJEMPLAR DE PARGO-UNAM [$\frac{1}{2}$ TILAPIA ROJA DE FLORIDA (<i>O. mossambicus</i> X <i>O. urolepis hornorum</i>), $\frac{1}{4}$ TILAPIA DEL NILO (<i>O. niloticus</i>) Y $\frac{1}{4}$ TILAPIA ROCKY MOUNTAIN (<i>O. aureus</i> X <i>O. niloticus</i>)].....	29
FIGURA 5: FLUCTUACIONES DE LA TEMPERATURA DEL AGUA DE LOS ESTANQUES EN DONDE SE REALIZÓ EL PRESENTE ESTUDIO.....	43
FIGURA 6: CONCENTRACIÓN DEL OXÍGENO DISUELTO EN EL AGUA DE LOS ESTANQUES EN DONDE SE REALIZÓ EL PRESENTE ESTUDIO....	43
FIGURA 7: CONCENTRACIÓN DEL AMONIACO (NH_3) DISUELTO EN EL AGUA DE LOS ESTANQUES EN DONDE SE REALIZÓ EL PRESENTE ESTUDIO.....	44
FIGURA 8: CONCENTRACIÓN DEL AMONIO (NH_4) DISUELTO EN EL AGUA DE LOS ESTANQUES EN DONDE SE REALIZÓ EL PRESENTE ESTUDIO.	45
FIGURA 9: FLUCTUACIÓN DEL pH EN EL AGUA DE LOS ESTANQUES EN DONDE SE REALIZÓ EL PRESENTE ESTUDIO.....	45

FIGURA 10: SUPERVIVENCIA DE PARGO-UNAM (PU) Y LA TILAPIA DEL NILO GRIS (NG), DURANTE LA FASE DE CRIANZA.....	49
FIGURA 11: PESO FINAL DE PARGO-UNAM (PU) Y LA TILAPIA DEL NILO GRIS (NG), DURANTE LA FASE DE CRIANZA.....	49
FIGURA 12: SUPERVIVENCIA DE PARGO-UNAM (PU) Y LA TILAPIA DEL NILO GRIS (NG), DURANTE LA FASE DE PREENGORDA..	51
FIGURA 13: PESO FINAL DE PARGO-UNAM (PU) Y LA TILAPIA DEL NILO GRIS (NG), DURANTE LA FASE DE PREENGORDA.....	51
FIGURA 14: SUPERVIVENCIA DE PARGO-UNAM (PU) Y LA TILAPIA DEL NILO GRIS (NG) EN LA FASE DE ENGORDA.....	53
FIGURA 15: PESO FINAL DE PARGO-UNAM (PU) Y LA TILAPIA DEL NILO GRIS (NG), DURANTE LA FASE DE ENGORDA.....	53
FIGURA 16: RITMO DE CRECIMIENTO MENSUAL DE LOS DOS GRUPOS GENÉTICOS DE TILAPIA A LO LARGO DEL EXPERIMENTO.....	54
FIGURA 17: DISTRIBUCIÓN DE LOS PESOS FINALES DE LA TILAPIA PARGO-UNAM AL TÉRMINO DE 153 DÍAS DE CULTIVO.....	55
FIGURA 18: RENDIMIENTO EN FILETE DE PARGO-UNAM (PU) Y LA TILAPIA DEL NILO (NG) AL TÉRMINO DEL CULTIVO.....	55

RESUMEN

Con el objetivo de comparar el desempeño productivo de la población sintética de tilapia roja, “Pargo-UNAM” (PU) y la tilapia del Nilo gris (NG), se cultivaron bajo un análisis de bloques al azar, ambas poblaciones en la granja piscícola “Agroindustrias Pargo SA de CV”, en La Antigua, Veracruz, México. Se evaluaron: peso final, supervivencia y rendimiento en filete. En cuatro estanques de concreto de 17.5 m³, se colocaron 2,000 crías de cada grupo genético para la etapa de crianza (63 días). En la etapa de preengorda (29 días) se redujo a 500 juveniles. Finalmente en la etapa de engorda (61 días), la poblaciones se redujeron a 100 peces por grupo genético. En la crianza, los pesos iniciales fueron de 2.5g y 4.5g para NG y PU, finalizando con pesos de 29.1g y 43.6g en el mismo orden. En la preengorda los pesos iniciales fueron de 40g para NG y 59g para PU y los finales de 109g y 127g respectivamente. Los pesos iniciales en la engorda fueron de 109g y 125g PU y los finales de 313g y 352g para NG y PU respectivamente. Al término de las etapas de crianza, preengorda y engorda no se encontraron diferencias entre los pesos finales ($P>0.05$). Las supervivencias fueron de 72% y 93% en la etapa de crianza y 59% y 89% en la preengorda en NG y PU respectivamente, encontrándose diferencias entre ambos grupos genéticos ($P<0.05$). En la engorda NG tuvo una supervivencia de 97%, similar a PU (96%). El índice de conversión alimenticia fue de 1.01, 1.32 y 0.83 en la crianza, preengorda y engorda respectivamente, para ambas poblaciones en conjunto. El rendimiento en filete fue similar para ambos grupos genéticos, 28.8% (NG) y 29.8% (PU). El Pargo-UNAM se proyecta como una nueva alternativa para las explotaciones comerciales de tilapia roja.

Palabras clave: tilapia, población sintética, *Oreochromis*, Pargo-UNAM, rendimiento en filete.

ABSTRACT

With the aim to compare at farm conditions the performance between a synthetic red tilapia “Pargo-UNAM” (PU) and grey Nile Tilapia (NG), at “Agroindustrias Pargo SA de CV”, fish farm, located in municipality of La Antigua, Veracruz, México, both populations were cultivated under a two way analyses of variance, in three growth stages. Final weight, survival and fillet rate were observed. 2000 fry of each genetic group were sorted into each of four 17.5 m³ concrete tanks during fry stage (29 days), pre-growth out 500 fish (63 days) and growth out 100 fish (61 days). In fry stage the initial body weights were 2.5g and 4.5g and final ones 29.1g and 43.6g for NG and PU respectively. For the pre-growth out stage, the initial body weights were 40g and 59g and final ones 109g and 127g for PU and NG in the same order. Finally in the growth out period, the initial body weights were 109g and 125g PU and the final ones of 313g and 352g for NG and PU respectively. At the end of such corresponding stages, no differences ($P>0.05$) were found between PU and NG for final weights. In fry and pre-growth out periods, survival rates of 72% and 93%, 59% and 89% were recorded for NG and PU respectively. PU showed higher survival rate than NG ($P<0.05$). In contrast, NG and PU showed similar survival rates of 97% and 96% respectively. Both genetic groups were culturing together, then the feed conversion ratio were 1.01, 1.32 y 0.83 in the fry, pre-growth out and growth out stages respectively. Fillet rate was the same in both genetic groups of 28.8% for NG and 29.8% for PU. The convenience of culturing the new red tilapia Pargo-UNAM in commercial tilapia farms is discussed.

Key words: tilapia, synthetic population, *Oreochromis*, Pargo-UNAM, fillet rate

INTRODUCCIÓN

La producción mundial de tilapia en el 2005 fue de 2,025,560 toneladas al año, esta cifra ha aumentado desde 1996 cuando solo se producían 810,399 toneladas anuales, esto se debe a que ha aumentado el número de granjas acuícolas ante la imposibilidad de extraer más productos de la pesca.¹

México en el año 2005 tuvo una producción de tilapia de 73,919 toneladas, en ese mismo año el estado de Veracruz participó con una producción de 14,216 toneladas lo que equivale al 19.2 %, siendo junto con Michoacán los dos estados con mayor producción de tilapia en el país.² El elevado índice de crecimiento en la producción nacional de tilapia está basado en las pesquerías de tipo artesanal mas que por la producción en granjas; fenómeno que puede ser revertido mediante el mejoramiento de los sistemas de producción existentes y la utilización de poblaciones de tilapias mejoradas genéticamente, capaces de aumentar la productividad de las granjas.³

La población sintética de tilapia: Pargo-UNAM [$\frac{1}{2}$ tilapia roja de Florida (*O. mossambicus* x *O. urolepis hornorum*), $\frac{1}{4}$ tilapia del Nilo (*O. niloticus*) y $\frac{1}{4}$ tilapia Rocky Mountain (*O. aureus* x *O. niloticus*)] creada en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, ha mostrado a escala experimental, mantener un desempeño productivo similar a los grupos híbridos de los cuales proviene, lo cual aunado a su coloración roja y a la superioridad mostrada ante las tilapias rojas: *O. mossambicus* y *O. niloticus*, se sugirió como una nueva población de tilapia para ser utilizada en explotaciones acuícolas.⁴

En la actualidad, la tilapia que más se cultiva a escala mundial es la tilapia del Nilo (*O. niloticus*) de tipo silvestre o de color gris, debido principalmente a su rápido crecimiento,⁵ sin embargo la población sintética de color rojo Pargo-UNAM ha mostrado mantener un ritmo de crecimiento similar a la tilapia del Nilo gris, bajo condiciones experimentales de cultivo intensivo en las instalaciones del CEIEGT⁶

Es importante que las poblaciones de tilapias generadas mediante mecanismos de mejora genética, sean comparadas contra líneas de *O. niloticus* (tipo silvestre de color gris) con los grupos genéticos explotados comercial y tradicionalmente en las granjas acuícolas, considerando también la validación de estos resultados, bajo las condiciones prevalecientes dentro del sector productivo, de manera tal que los resultados conduzcan a la elección de los grupos genéticos de tilapia más viables a ser explotados desde los puntos de vista zootécnico y económico.

ANTECEDENTES

Historia

Las tilapias son originarias de África oriental, Son peces robustos de poca exigencia respiratoria, soportan altas temperaturas, son de fácil manejo. Han sido cultivados por más de 4000 años y es un alimento popular en muchas partes del mundo.⁷

Las tilapias han alcanzado gran propagación dentro de la piscicultura, al grado de considerarse el grupo de peces que más se cultiva en el mundo junto con la carpa común (*Ciprinus carpio*).⁸

En 1424 en Kenia se inicia el cultivo experimental de tilapia y continúa en Zaire de manera más organizada e intensiva, popularizándose en Sudáfrica y Rodesia. Entre 1950 y 1970 se distribuyó a todo el mundo. El cultivo de la tilapia se inició en México en 1964, con la importación de los primeros ejemplares procedentes de la Universidad de Auburn, Alabama, EUA, que se depositaron en la estación piscícola de Temascal Oaxaca, las especies introducidas fueron: *Tilapia rendalli*, *Oreochromis mossambicus* y *O. aureus*. En 1978 se introdujo *O. niloticus* procedente de Panamá y en 1981 se implementaron los programas de reproducción controlada en jaulas flotantes con la llegada al país de *O. mossambicus* y *O. urolepis hornorum* procedentes de EUA, que se distribuyeron en Zacatepec y el Rodeo en Morelos. En 1986 llega a México al Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del IPN, Unidad Mérida la primera línea roja de *O. niloticus* procedente de la Universidad de Stirling, Escocia de donde se distribuyó a varios centros acuícolas,⁹ posteriormente, en la década de los 90's se introduce procedente

de EUA la tilapia blanca Rocky Mountain,¹⁰ así como la *O. aureus* de Cuba y la *O. aureus* azul entre otras.⁹

Origen de la tilapia roja

Dentro del Género *Oreochromis*, existió una “mutación albina” en 1968 que es el primer ancestro de la tilapia roja en un cultivo artesanal de *Oreochromis mossambicus* de coloración normal (gris) la cual fue introducida de Singapur en 1946.¹¹

Ho Kuo del Taiwán Fisheries Research Institute, en 1969 realizó el cruce entre el macho mutante de color rojo de *O. mossambicus* y la hembra de coloración normal de *O. niloticus* y obtuvo una generación F1 con un 25% de alevines de coloración roja, luego de 9 años de cruces selectivos logró fijar la coloración roja en el 70 a 80% de la población. La tilapia roja, se convirtió en punta de lanza para el desarrollo acelerado de la piscicultura comercial a partir de la década de los 80's. La atractiva coloración estimuló a los productores e investigadores a iniciar un acelerado programa de hibridación que permitió la obtención de nuevas líneas de tilapia roja,¹² que son las siguientes:

Red Stirling y Tailandesa *O. niloticus* roja,¹³ Red Manzala [*O. aureus* roja x *O. niloticus* (Egipcia) roja],^{14, 15} Red Yumbo (No 1: Red Florida x *O. niloticus*),¹⁶ Red Yumbo (No 2: Red Florida USA x Red Florida Israel),¹⁷ Red Taiwanesa. (*O. mossambicus* albina),¹⁷ Red Taiwanesa o Filipina (*O. mossambicus* albina x *O. niloticus*),^{12, 18} Red Aurea (*O. aureus* roja),¹³ Golden Tilapia (*O. mossambicus* amarilla).¹³

Una de las ventajas de cultivar tilapias rojas es que tienen mayor preferencia en el mercado debido a su coloración y subsecuentemente estos peces alcanzan un mayor precio.¹⁸⁻²¹

Desempeño productivo de tilapias rojas y grises

Un aspecto de relevancia en los últimos años ha sido la selección de tilapias de colores atractivos para el consumidor,^{22, 23} sin embargo se considera que antes de recomendar la producción comercial de nuevas poblaciones, deben ser identificados los efectos pleiotrópicos (gen que puede afectar a varias características simultáneamente) negativos asociados a la coloración, sobre todo aquellos que pudiesen incidir en la producción, ya que no son bien conocidos los efectos pleiotrópicos asociados a coloraciones diferentes al tipo silvestre sobre características como crecimiento y supervivencia.^{23,22}

A continuación se describen algunos trabajos que muestran diferencias en algunas variables productivas entre tilapias con diferentes patrones de coloración.

En un estudio realizado con tilapias taiwanesas, los peces de color rojo mostraron un peso inferior (141 g) con respecto a los de color gris (177 g) en un periodo de crecimiento de cuatro meses.¹⁹

Visiedo y colaboradores,²⁴ llevaron a cabo el desarrollo de híbridos de *Oreochromis urolepis hornorum* x *O. mossambicus* y encontraron que los peces de coloración gris alcanzaron un peso mayor (443 g) con respecto a los de coloración roja (296 g), después de 104 días de cultivo.

Matricia y colaboradores,²⁵ encontraron resultados similares a los de Visiedo,²⁴ entre tilapia roja y tilapia gris bajo siete diferentes sistemas de cultivo en granjas piscícolas de Indonesia.

Gamal y colaboradores,²² compararon la viabilidad (supervivencia) de dos especies y dos híbridos de tilapia. Los cruzamientos que realizaron fueron los siguientes: *O. aureus* x *O. aureus*, *O. niloticus* x *O. niloticus*, *O. aureus* x *O. aureus* rojo (híbrido); *O. niloticus* x *O. aureus* rojo. Después de 98 días de cultivo en estanques de concreto y tierra se encontró una mayor viabilidad de los ejemplares de coloración gris con respecto a los rojos.

Johansen²⁶ comparó el crecimiento de la línea rosa de *O. niloticus* con respecto a la tipo silvestre y observó que en la fase de engorda, la primera fue superior (342g) a la segunda (307 g). Sin embargo, cabe mencionar que el color rosa al que se refiere el autor, consistió en peces con grandes áreas de melanina en la piel, por lo que deben considerarse como peces manchados o pintos,¹ de acuerdo a la descripción hecha por McAndrew¹⁴

Muñoz y Garduño²⁷ separaron los peces rosas de *O. niloticus* en tres diferentes coloraciones: rosa intenso, rosa y pinto (peces con pigmento negro de melanina en piel) y compararon su crecimiento junto con peces de color tipo silvestre. Durante la fase de crianza (70 días) no se encontraron diferencias entre los peces de las distintas coloraciones sobre sus parámetros de ganancia diaria de peso (0.44 a 0.55 g/día) y supervivencia (83 a 92%), pero no así para el rosa intenso quien fue inferior a las demás coloraciones. En la fase de engorda, no existieron diferencias entre los peces de coloración pinta (243 g) y gris (222 g), ni entre la gris y rosa intenso (199 g), sin embargo los peces pintos fueron superiores a los rosa intenso y similares al gris. Los peces de color rosa (154 g) fueron inferiores a los otros tres grupos. En los cuatro fenotipos reportaron una supervivencia del 100% y conversiones alimenticias de 2 a 3.

¹ Comunicación personal. Biol. Germán Muñoz Córdova

Los estudios previamente citados muestran evidencias de que las tilapias rojas (rojo, rosa, naranja y blanco) presentan un crecimiento y viabilidad inferior a las de tipo silvestre.

Desempeño productivo de *Oreochromis niloticus*

La tilapia del Nilo tipo silvestre (gris) (*Oreochromis niloticus*) es la especie que más se cultiva en el mundo, debido al buen desempeño productivo que ha mostrado en relación a otros grupos genéticos de tilapia.^{5, 28} Algunos estudios que muestran tales evidencias se mencionan a continuación.

Eguiar y colaboradores,²⁹ realizaron estudios en estanques de concreto en donde *O. niloticus* tipo silvestre mostró mayor peso final (37 g) en comparación con *O. mossambicus* (31 g). La primera especie mostró también su superioridad en estanques rústicos, obteniendo pesos finales de 586 g, mientras que *O. mossambicus* obtuvo pesos finales de 524 g. Bajo estas condiciones *T. rendalli* mostró un peso final promedio de 226 g.

Muñoz y colaboradores,³⁰ compararon el crecimiento entre *O. niloticus* gris, *O. mossambicus* roja y su híbrido durante 153 días de engorda y encontraron que *O. niloticus* gris tuvo un peso final de 240 g siendo similar a *O. mossambicus* la cual obtuvo un peso de 187 g. No se encontraron diferencias entre *O. niloticus* y el híbrido (*O. mossambicus* ♂ x *O. niloticus* ♀ [276 g]).

Siddiqui y colaboradores,²⁸ evaluaron el crecimiento de *O. niloticus*, *O. aureus*, *O. mossambicus*, el híbrido (*O. niloticus* x *O. aureus*) y la tilapia roja taiwanesa (*O. mossambicus* x *O. niloticus*). El mejor crecimiento lo encontraron en el híbrido [*O. niloticus* x *O. aureus* (327 g)], el cual fue similar a *O. niloticus* (293 g), la tilapia roja taiwanesa fue similar a *O. niloticus* pero inferior a el

híbrido (*O. niloticus* x *O. aureus*), la *O. aureus* (234 g) y tilapia roja taiwanesa son similares y superiores a *O. mossambicus* (168 g).

Macaranas y colaboradores,³¹ compararon el crecimiento de *O. niloticus* línea de Israel, *O. niloticus* línea Chitralada, *O. mossambicus* y la tilapia roja taiwanesa (*O. mossambicus* x *O. niloticus*) en tres generaciones diferentes y los resultados mostraron que *O. niloticus* línea Chitralada fue la que obtuvo el mejor desempeño productivo bajo las condiciones de Fiji, considerando las variables de: crecimiento, conversión alimenticia, eficiencia reproductiva y supervivencia.

Leao y colaboradores,³² compararon el desempeño productivo entre *O. niloticus* y la tilapia roja (*O. niloticus* x *O. aureus*)♂ x (*O. mossambicus* x *O. urolepis hornorum*)♀ durante 118 días de cultivo encontrando una superioridad en *O. niloticus* (375 g) con respecto a la tilapia roja (117 g).

Kamal y colaboradores,³³ compararon el crecimiento de *O. mossambicus*, *O. niloticus* y su híbrido bajo diferentes niveles de salinidad (0, 7.5, 15, 22.5 y 30 g/l) y encontraron después de 75 días de cultivo, un mejor crecimiento de *O. niloticus* a bajas salinidades (7.5 g/litro) con respecto a *O. mossambicus* y al híbrido (*O. niloticus* x *O. mossambicus*), los cuales fueron superiores en agua con mayor salinidad.

Clement y colaboradores,³⁴ compararon la producción de la tilapia del Nilo (*O. niloticus*) en un cultivo de 180 días. El peso inicial y final fue de 30 y 585g respectivamente, obteniendo un rendimiento en filete de 25.4%.

A continuación se mencionan algunos trabajos en los que se compara *O. niloticus* rojo o rosa con otras poblaciones rojas de *O. mossambicus*.

Landa y colaboradores³⁵ compararon el crecimiento de dos líneas rojas: *O. niloticus* y *O. mossambicus*, durante un cultivo de 100 días. Al término del cultivo obtuvieron pesos finales de 58.8 g y 45.0 g, supervivencias de 95% y 98% y los índices de las conversiones alimenticias de 1.79 y 1.87 para *O. niloticus* y *O. mossambicus* respectivamente, siendo similares las tres variables productivas evaluadas en ambas especies.

Sánchez y colaboradores³⁶ compararon el crecimiento de dos líneas rojas: *O. niloticus* y *O. mossambicus*, durante un cultivo de 90 días. Al término del cultivo obtuvieron pesos finales de 50.0 g y 43.2 g para *O. niloticus* y *O. mossambicus* respectivamente, siendo ambos similares. Reportaron supervivencias de 96% y 90%. La conversión alimenticia fue de 0.98 y 1.27 en el mismo orden antes mencionado.

Garduño y colaboradores³⁷ compararon el crecimiento de dos líneas rojas de tilapia: *O. niloticus* y *O. mossambicus*. Al término del cultivo obtuvieron pesos finales de 271.2 g y 181.6 g para *O. niloticus* y *O. mossambicus* respectivamente, siendo diferentes. Las supervivencias fueron de 100% y 95% en el mismo orden antes mencionado, sin diferencias en ambos parámetros. La conversión alimenticia: fue de 2.0 en (*O. niloticus*) y 2.8 en (*O. mossambicus*), siendo diferentes.

Desempeño productivo de poblaciones híbridas

Aparecida y colaboradores,³⁸ compararon el crecimiento de *O. niloticus* línea Chitralada, *O. niloticus* rosa y sus cruzas. Encontraron después de 268 días de cultivo un crecimiento similar entre *O. niloticus* [Chitralada (557 g)] y el híbrido: [*O. niloticus* Chitralada ♂ x *O. niloticus* rosa ♀, (522 g)] y el híbrido [*O. niloticus* rosa ♂ x *O. niloticus* Chitralada ♀, (496 g)]. Este último híbrido fue

similar a [*O. niloticus* rosa x *O. niloticus* rosa (422 g)] quien mostró un crecimiento inferior al resto de los grupos, aunque todavía más abajo se posicionó el tetrahíbrido ND-56 (283 g).

Rodríguez³⁹ evaluó el peso final y supervivencia de *Oreochromis niloticus* rosa (N), *O. mossambicus* roja (M) y los híbridos rojos de la cruce de los dos grupos genéticos antes mencionados: *O. mossambicus* ♂ x *O. niloticus* ♀ (H1) y *O. niloticus* ♂ x *O. mossambicus* ♀ (H2). Al cabo de 73 días, el peso final fue de 55 g, 63 g, 67 g y 68 g para N, M, H1 y H2 respectivamente, encontrando que (N) fue inferior a los otros tres grupos genéticos. La supervivencia fue de 98%, 88%, 90% y 93% para N, M, H1 y H2.

Garduño-Lugo y colaboradores⁴⁰ realizaron la comparación del peso final, supervivencia y rendimiento en filete de *O. niloticus* línea Stirling (NS) y el híbrido: tilapia roja de Florida ♂ x *O. niloticus* rojo ♀ (H), los peces al momento del fileteo pesaron 490.7 g y 410.3 g para la NS y H respectivamente, obteniendo un rendimiento en filete de 31.2% y 30.4% para la NS y el H respectivamente. La supervivencia fue del 100% para ambos grupos genéticos, sin encontrar diferencia para ninguna de las variables evaluadas.

Garduño-Lugo y colaboradores⁴¹ realizaron la comparación de la supervivencia, peso final y rendimiento en filete, en un cultivo de 98 días, del híbrido: tilapia roja de Florida ♂ x *O. niloticus* rojo Stirling ♀ (H) y *O. niloticus* tipo silvestre (N). Al término de dicho periodo la supervivencia fue de 83.3%, 97.0%, el peso final fue de 384.4 g y 496.8 g y el rendimiento en filete fue del 32.0% y 33.4% para N y H respectivamente. Siendo similares para todas las variables mencionadas.

Muñoz²³ realizó un cruzamiento dialélico completo de los grupos genéticos: *O. niloticus* (N), *O. mossambicus* (M), *O. aureus* (A) e informó después de 60 días de cultivo que el híbrido NA fue el que presentó los valores más altos de heterosis en las variables de peso final (39%). El peso final fue de 59.0 g, 48.1 g, 51.4 g, 47.6 g, 44.9 g, 41.4 g, 40.9 g, 38.8 g y 38.3 g para NA, AM, AN, MN, MM, NN, NM, MA y AA respectivamente, encontrando que NA fue superior a los demás grupos genéticos. La supervivencia fue de 89.6%, 91.3%, 98.0%, 97.6%, 76.6%, 98.0%, 99.0%, 93.6% y 97.3% en el mismo orden de esa variable, encontrando que NM fue superior a NA y MM.

Cano⁴² realizó un cruzamiento terminal de tres grupos genéticos: *O. niloticus* (N), *O. mossambicus* (M) y *O. aureus* (A), realizó un cultivo de 120 días. El peso final de los híbridos fue 75.5 g, 73.5 g, 72.2 g, 68.9 g, 69.0 g y 55.4 g para MxAN, ANxM, MxN, AxN, MNxA y NxN respectivamente, encontrando que el híbrido MxAN y el ANxM fueron los que presentaron los valores más altos. Al evaluar supervivencia lo que encontró fue 98.3%, 98.7%, 100%, 98.7%, 97.9% y 97.9% para MxAN, ANxM, AxN, MxN, MNxA y NxN, sin encontrar diferencias entre los seis grupos genéticos.

Velázquez⁴³ realizó cruzamientos dialélicos con *O. niloticus* rojo y *O. mossambicus* rojo y obtuvo los siguientes genotipos: *O. niloticus* ♂ x *O. niloticus* ♀ (NN), *O. mossambicus* ♂ x *O. mossambicus* ♀ (MM), *O. niloticus* ♂ x *O. mossambicus* ♀ (NM) y *O. mossambicus* ♂ x *O. niloticus* ♀ (MN), los cuales tuvieron los siguientes pesos finales: 253 g, 248 g, 288g, 196 g para NN, MM, MN y NM respectivamente siendo NN y MM similares, NM fue el que presentó el menor peso y fue diferente a los anteriores, mientras que MN fue superior y diferente a los demás. Reportó las siguientes supervivencias: 98.7%,

100%, 98.7%,100%, en el mismo orden las cuales fueron similares entre si, para los cuatro grupos genéticos. El rendimiento en filete fue el siguiente: 29.9%, 29.6%, 29.5% y 30.1% para NN, MM, MN y NM respectivamente, sin encontrar diferencias.

Poblaciones sintéticas de tilapia

Las poblaciones sintéticas son el producto de diversos cruzamientos entre varias razas o grupos genéticos.⁴⁴ Los aspectos más relevantes que se le atribuyen a una población sintética son los siguientes: a) retienen parte de la heterosis obtenida en cruzamientos previos, b) aumenta la variabilidad genética de la población⁴⁵ c) se fijan caracteres complementarios de varias especies dentro de una misma población.⁴⁶

Desde un punto de vista zootécnico, la principal ventaja de las poblaciones sintéticas es el de no requerir de un manejo diferente al de cualquier especie para su explotación,⁴ de manera tal que las poblaciones sintéticas ofrecen a las explotaciones acuícolas la posibilidad de obtener una mayor productividad, sin complicar sus esquemas de producción, como lo haría la hibridación.

Un ejemplo de las poblaciones sintéticas es la tilapia conocida como Genetically Improved Farmed Tilapia (GIFT) o en español: tilapia para granja mejorada genéticamente, la cual fue creada en Asia mediante el cruzamiento de cuatro poblaciones silvestres originarias de África y cuatro poblaciones que se cultivaron en granjas comerciales de Asia por varias generaciones. Con esta líneas se realizaron 64 cruza y las crías producto de esos cruzamientos fueron llevadas hasta la engorda la cual tuvo un periodo de 90 días, bajo siete ambientes diferentes de producción, en Islandia y Filipinas. De éstas, solo siete

familias presentaron un desempeño superior a los progenitores puros y es con ellas se genera la población sintética llamada GIFT.⁴⁷

Wing-Keong y colaboradores⁴⁸ realizaron trabajos comparando la tilapia GIFT y una población híbrida de tilapia roja, bajo dos condiciones de alimentación: con 25% y 35% de proteína cruda (PC), ambas dietas con la misma cantidad de energía. Al término de 10 semanas de experimentación se encontró que la población sintética GIFT, presentó un peso de 59.5 g, para el tratamiento con 25% de PC y de 65.58 g para el tratamiento con 35% de PC. En la población híbrida roja encontraron un peso de 47.46 g, para 25% y de 43.31 g para el tratamiento de 35% de PC. Las poblaciones híbridas fueron similares, esto quiere decir que no les beneficia o perjudica un cambio en el aporte de proteína, sin embargo con la población de GIFT hubo diferencias entre ambos niveles de proteína en la dieta, siendo que a mayor aporte de proteína mayor ganancia de peso y sin bajar la eficiencia en la conversión alimenticia, como sucede con algunos híbridos, que a mayor aporte de proteína menor eficiencia en conversión alimenticia.

Ridha⁴⁹ y colaboradores realizaron un estudio donde compararon tres líneas genéticas de tilapia: Fast Selected Line (FaST) originaria de Filipinas, la GIFT y la No Selected (NS) tipo silvestre local no mejorada genéticamente. La evaluación tuvo una duración de 168 días y al término de este periodo encontraron que la FaST y la GIFT fueron superiores a la NS, con los siguientes valores 394.4 g, 366.3 g y 253 respectivamente. En cuanto a la supervivencia no hay diferencias entre los distintos grupos genéticos: FaST con 99.2% y la GIFT y NS con 100%. Para el índice de conversión alimenticia

obtuvieron valores de 1.60, 1.27 y 1.16, para NS, GIFT y FaST respectivamente.

Ridha y colaboradores⁵⁰ realizaron un cultivo de 104 días, con dos densidades y tres grupos genéticos de tilapia: *O. niloticus* no mejorada genéticamente (NSM), la tilapia GIFT y la tilapia FaST los pesos al término del cultivo de la densidad baja fueron los siguientes: 243.4 g, 343.5 g y 369.7 g, para NS, GIFT y FaST, respectivamente, siendo diferentes la NS de la GIFT y la FaST. El índice de conversión alimenticia que reportaron fue: 1.55, 1.38, 1.27 para NS, GIFT y FaST respectivamente, siendo diferentes entre si.

Rutten y colaboradores,⁵¹ evaluaron el rendimiento en filete de tres grupos genéticos de *O. niloticus*: Chitralada (CH), la Asian Institute of Technology (AIT) y la GIFT. Al momento del fileteado los peces presentaron un peso ligeramente superior a los 700 g, con una edad de un año. Los resultados del rendimiento en filete fueron los siguientes: 23.5%, 35.2% y 37.8% para la AIT, CH y GIFT respectivamente.

En 1998 en las instalaciones del CEIEGT-FMVZ-UNAM se inició una serie de trabajos experimentales basados en esquemas de cruzamiento de tres grupos básicos de tilapia: *O. niloticus* rosa, tilapia roja de Florida y la tilapia Rocky Mountain,^{23, 42} culminando en el año 2003 con la población sintética de tilapia, denominada "Pargo UNAM".⁵² Para la obtención del Pargo-UNAM se realizaron tres sistemas de cruzamiento: 1) cruzamiento simple (obtención de híbridos F1), 2) cruzamiento terminal de tres especies y 3) obtención de la población sintética.²³

La fase final para la obtención de la población sintética la realizó Jiménez⁵² quien comparó las variables productivas: peso final, índice de

conversión alimenticia y supervivencia durante la fase de crianza de dos poblaciones sintéticas de tilapia: a) Pargo-UNAM y b) Sintética-2, ambas con la siguiente composición genética: *O. niloticus* (N) (25%), Rocky Mountain (R) (25%) y tilapia roja de Florida (F) (50%), con respecto a: c) cruce terminal: (R x N) ♂ x F ♀ ((RN)F); d) híbrido R ♂ x N ♀ (RN); e) tilapia roja de Florida y f) *O. niloticus*. En la fase de crianza, los pesos finales más altos en machos fueron para: (RN)F (116.5g) y el Pargo-UNAM (107.4g), sin diferencias entre ambos.

Posteriormente, durante la engorda (119 días), Riego⁵³ encontró el mayor peso final en el Pargo-UNAM (324.6g), seguido de la población sintética-2 (316.2g) y de (RN)F (313.9g), RN (277.5 g) los cuales fueron similares. El peso final más bajo se observó en *O. niloticus* (181.1g), sin diferencias con la tilapia roja de Florida (237.3g). En cuanto al rendimiento en filete los valores obtenidos fueron los siguientes; 26.4 %, 26.8 %, 27.1 %, 25.7 %, 26.1 % y 24.2 % para el trihíbrido (RN)F, Pargo-UNAM ([RN]F₁), sintética-2 ([RN]F₂), RN, N, y F respectivamente, sin ser diferentes.

Morales⁶ reportó que al final de la etapa de crianza el peso promedio de la población Pargo-UNAM (42.8 g) fue superior a *O. niloticus* gris (37.1 g). En la etapa de engorda reportó un peso final de 407.3 g y 396.2 g para el Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo gris respectivamente siendo en este caso similares. En cuanto al índice de conversión alimenticia en la etapa de crianza y engorda fue de 0.67 y 1.0 para ambos grupos genéticos. La supervivencia en la crianza fue de 79.9% y 95.9% y en la engorda del 98.7% y 100% para el Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo respectivamente, siendo diferentes solo en la etapa de crianza. El rendimiento en filete fue 28.1% y 30.7% para el Pargo UNAM y la tilapia del Nilo respectivamente, siendo diferentes.

Salazar⁵⁴ reportó en la etapa de crianza una supervivencia de 95.6%, 99.5%, 98.5% y 95.7% para la tilapia del Nilo gris (*O. niloticus*) (NG), tilapia del Nilo rosa (*O. niloticus*) (NR), la tilapia mossambica (*O. mossambicus*) (M) y el Pargo-UNAM (PU) respectivamente, siendo similares. En la etapa de crianza la conversión alimenticia fue de 0.67, 0.70, 0.75 y 0.77 para NG, NR, M y PU respectivamente. En la etapa de engorda reportó una supervivencia de 99.6%, 100%, 100%, 99.6% para NG, NR, M y PU en el mismo orden mencionado; para el peso final encontró 550 g, 500 g, 401 g y 656 g para NG, NR, M y PU respectivamente, siendo PU superior a NR y a M, pero igual a NG. La cual fue igual a NR, pero ambos superiores y diferentes a la tilapia M. La conversión alimenticia fue de 1.4, 1.3, 1.5 y 1.5 para NG, NR, M y PU respectivamente, no encontrando diferencias entre ellas. Evaluó el rendimiento en filete y obtuvo los siguientes datos: 33.0%, 33.0%, 32.0% y 33.0% para NG, NR, M y PU en el mismo orden, siendo similares.

Peña⁵⁵ evaluó el peso final, supervivencia, índice de conversión alimenticia y rendimiento en filete, en un cultivo de 157 días, de los siguientes grupos genéticos: la tilapia del Nilo (NG), el Pargo-UNAM (PU) y al híbrido de tilapia roja de Florida (TRF). El peso final fue de 414.6 g, 474.0 g y 351.3 para PU, NG y TRF respectivamente, siendo el NG superior a PU y este a su vez al TRF. La supervivencia fue de 94.4%, 98.5%, y 93.8% para NG, PU y TRF respectivamente, sin encontrar diferencias. El índice de conversión alimenticia fue el siguiente: 1.2, 1.4 y 1.6 para NG, PU y TRF respectivamente, siendo similares. El rendimiento en filete fue de 34.6%, 34.2% y 34.0% en el mismo orden, sin encontrar diferencias.

HIPÓTESIS

La población sintética de la tilapia roja "Pargo UNAM", cuya composición genética es: $\frac{1}{2}$ tilapia roja de Florida (*O. mossambicus* x *O. urolepis hornorum*), $\frac{1}{4}$ tilapia del Nilo (*O. niloticus*) y $\frac{1}{4}$ tilapia Rocky Mountain (*O. aureus* x *O. niloticus*), presentará un peso final, supervivencia y rendimiento en filete similares a la tilapia del Nilo (*O. niloticus*) de color gris, al término de las fases de crianza, preengorda y engorda, bajo condiciones de cultivo intensivo en una explotación comercial.

OBJETIVO

Comparar las variables productivas: peso final, supervivencia y rendimiento en filete de la población sintética de tilapia roja: "Pargo UNAM" [$\frac{1}{2}$ tilapia roja de Florida (*O. mossambicus* x *O. urolepis hornorum*), $\frac{1}{4}$ tilapia del Nilo (*O. niloticus*) y $\frac{1}{4}$ tilapia Rocky Mountain (*O. aureus* x *O. niloticus*)], con respecto a la tilapia del Nilo de color gris (*O. niloticus*), bajo condiciones de cultivo intensivo en una explotación comercial en el estado de Veracruz.

Objetivos específicos

1. Comparar al término de las etapas de crianza, preengorda y engorda la supervivencia de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) y el Pargo-UNAM [$\frac{1}{2}$ tilapia roja de Florida (*O. mossambicus* x *O. urolepis hornorum*), $\frac{1}{4}$ tilapia del Nilo (*O. niloticus*) y $\frac{1}{4}$ tilapia Rocky Mountain (*O. aureus* x *O. niloticus*)].

2. Comparar al término de las etapas de crianza, preengorda y engorda el peso final de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) gris y el Pargo-UNAM [$\frac{1}{2}$ tilapia roja de Florida (*O. mossambicus* x *O. urolepis hornorum*), $\frac{1}{4}$ tilapia del Nilo (*O. niloticus*) y $\frac{1}{4}$ tilapia Rocky Mountain (*O. aureus* x *O. niloticus*)].

3. Comparar al término de la etapa de engorda el rendimiento en filete de la tilapia del Nilo (*O. niloticus*) y el Pargo-UNAM [$\frac{1}{2}$ tilapia roja de Florida (*O. mossambicus* x *O. urolepis hornorum*), $\frac{1}{4}$ tilapia del Nilo (*O. niloticus*) y $\frac{1}{4}$ tilapia Rocky Mountain (*O. aureus* x *O. niloticus*)].

MATERIAL Y MÉTODOS

Localización

El estudio se realizó en la granja piscícola Agroindustrias Pargo S.A. de C.V., (Figura 1) que se localiza en la carretera La Antigua-San Pancho sin número, en el municipio de La Antigua, Veracruz. La granja se encuentra dentro de la zona costera central del estado de Veracruz, en las coordenadas 19°19'54.77" latitud norte y 96°19'39.99" longitud oeste (Figura 2), a una altura de 20 msnm.⁵⁶ Su clima es cálido con una temperatura promedio de 25.3 °C y su precipitación pluvial media anual es de 1,500 mm.⁵⁷



Figura 1: Agroindustrias Pargo S.A. de C.V.⁵⁶

Fuente de agua de la granja

El agua es obtenida a partir de un pozo profundo con un aforo de 7.3 l/seg., equivalente a 631 m³ de agua al día y se encuentra ubicado dentro de las instalaciones de la granja.⁵⁷



Figura 2: Localización de Agroindustrias pargo S.A. de C.V. La Antigua Ver.⁵⁸

Grupos genéticos

Se utilizaron dos grupos genéticos de tilapia: tilapia del Nilo de tipo silvestre (gris) (*Oreochromis niloticus*) (Figura 3) y el Pargo-UNAM [$\frac{1}{2}$ tilapia roja de Florida (*O. mossambicus* x *O. urolepis hornorum*), $\frac{1}{4}$ tilapia del Nilo (*O. niloticus*) y $\frac{1}{4}$ tilapia Rocky Mountain (*O. aureus* x *O. niloticus*)] (Figura 4).

Los ejemplares que se utilizaron como reproductores de la tilapia del Nilo fueron obtenidos de una población de ejemplares adultos de esta especie ubicados en las instalaciones de Agroindustrias Pargo S.A. de C.V., quien los adquirió de la Universidad de Stirling, Escocia.

La población sintética de tilapia: Pargo-UNAM, fue creada mediante un esquema de cruzamiento en las instalaciones del Módulo de Producción Acuícola 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). Los reproductores de esta población fueron obtenidos de lotes ubicados en el CEIEGT-FMVZ-UNAM.



Figura 3: Ejemplar de tilapia del Nilo tipo silvestre (gris) (*Oreochromis niloticus*)



Figura 4: Ejemplar de Pargo-UNAM [$\frac{1}{2}$ tilapia roja de Florida (*O. mossambicus* x *O. urolepis hornorum*), $\frac{1}{4}$ tilapia del Nilo (*O. niloticus*) y $\frac{1}{4}$ tilapia Rocky Mountain (*O. aureus* x *O. niloticus*)]

Reproducción

El 9 de mayo del 2007, se procedió a reunir machos y hembras de ambos grupos genéticos para dar inicio a la fase de reproducción. Los reproductores de Pargo-UNAM fueron colocados en dos estanques de concreto de 2 m x 10 m y 1 m de profundidad, con una proporción macho: hembra de 1:2. Los reproductores de la tilapia del Nilo tipo silvestre gris, fueron los que se utilizaban en el sistema de producción de la granja por lo que se les mantuvo en sus estanques habituales y solo se procedió a realizar la cosecha de huevo el mismo día que los reproductores de Pargo-UNAM. Durante este periodo, los reproductores se alimentaron con un alimento con 32% de PC dos veces al día.

El día 17 de mayo del 2007 se detectaron hembras incubando y se les extrajeron los huevos de la boca, los cuales fueron colocados en incubadoras tipo McDonald con capacidad para 100,000 huevos por incubadora. La incubación duró una semana y se obtuvo una población de 22,000 alevines de Pargo-UNAM y 33,000 de la tilapia del Nilo, de estas poblaciones se extrajo el material genético para el experimento.

Inversión sexual

El estudio contempló la evaluación de machos de los diferentes grupos genéticos, los cuales son los que se utilizan en las engordas de estos peces, debido a que presentan un mayor crecimiento con respecto a las hembras y se evita la reproducción descontrolada en los estanques de producción,⁵⁹ por tal motivo se empleó la técnica de inversión sexual, la cual consiste en alimentar a las crías con alimento que contiene la hormona 17-alfa metiltestosterona a una

dosis de 60 mg por kilogramo de alimento y se inicia el tratamiento después de que absorben el saco vitelino, continuándose por un periodo de 28 días.^{60, 61} El alimento hormonado empleado en este estudio fue de la marca; El Pedregal Silver Cup y contenía un 52% de PC. El alimento se ofreció a las crías a una frecuencia de 10 veces al día a saciedad aparente.^{62, 63}

Los alevines de ambos grupos genéticos, obtenidos de las incubadoras fueron transferidos a una canaleta de 2.5 m x 0.5 m x 0.3 m, con una columna de agua de 0.2 m. para cada grupo genético, las cuales estuvieron bajo techo y con aireación continua. En las canaletas las crías permanecieron un tiempo de ocho días. De dichas canaletas se extrajeron aproximadamente 22,000 crías de cada uno de los grupos genéticos y se pasaron a dos estanques rectangulares de 9.8 m x 1.8 m y 1 m de profundidad (17.6 m^3) (un estanque para cada grupo genético) en los cuales permanecieron 20 días más, los necesarios para finalizar la inversión sexual. En cada estanque se tuvo una densidad inicial aproximada de $1,247 \text{ crías/m}^3$. El agua de los estanques contó con aireación continua mediante un aireador de turbina de 1 caballo de fuerza y se realizó un recambio diario de agua del 20 % (3.5 m^3 de agua). Al final de la inversión sexual se presentó una mortandad de 45.4%, con una biomasa de 3.08 kg/m^3 para el Pargo-UNAM y una mortandad de 18.19% con una biomasa 2.59 kg/m^3 para la tilapia del Nilo.

Al terminar la inversión sexual se tomaron en forma aleatoria 8,000 crías de cada grupo genético para dar inicio a la primera fase de evaluación del presente estudio. Los peces sobrantes continuaron su desarrollo en la granja, bajo el cuidado del personal de la misma.

Crianza

A partir de esta fase se da inicio el trabajo experimental sobre la comparación de ambos grupos genéticos, el material biológico fue obtenido después de la inversión sexual de la progenie de ambas poblaciones de tilapia y son producto de la cosecha de huevo del día 17 de mayo del 2007.

Para esta etapa se utilizaron cuatro estanques rectangulares de 9.8 m x 1.8 m y 1 m de profundidad (17.6 m^3) de concreto. El recambio diario de agua para cada estanque fue del 20% (3.5 m^3). Los estanques contaron con aireación continua mediante un aireador de turbina de un caballo de fuerza. En cada uno de los cuatro estanques se colocaron 4,000 crías, de las cuales 2,000 fueron de Pargo-UNAM y 2,000 de tilapia del Nilo gris, por lo que se inició con una densidad de 227 crías/m^3 (0.803 kg/m^3); esta etapa tuvo una duración de 63 días.

Las crías iniciaron con un peso promedio de 4.53 g y 2.54 g para el Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo gris respectivamente. Durante esta fase a los peces se les proporcionó un alimento comercial El Pedregal Silver Cup con 45% de proteína cruda. El alimento se ofreció a las crías a una frecuencia de seis veces al día a saciedad aparente.⁶³

Preengorda

Se utilizaron los mismos estanques y el mismo recambio de agua que en la etapa anterior, sin embargo se incrementó la intensidad de aireación con el aumento de piedras difusoras en cada uno de los estanques. En esta etapa se redujo la densidad de peces y se colocaron en cada uno de los cuatro estanques 1,000 juveniles, de los cuales 500 fueron de Pargo-UNAM y 500 de tilapia del Nilo gris, por lo que se inició con una densidad de 57 juveniles /m³ (2.8 kg/m³), esta etapa tuvo una duración de 29 días.

Los juveniles iniciaron con un peso promedio de 58.6 g y 40.2 g para el Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo respectivamente. Durante esta fase a los peces se les proporcionó un alimento comercial (BACHOCO Campi) con 40% de proteína cruda. El alimento se ofreció a los juveniles a una frecuencia de cuatro veces al día a saciedad aparente.⁶³

Engorda

Se utilizaron los mismos estanques, recambios de agua y misma intensidad de aireación que en la etapa anterior. En cada uno de los cuatro estanques se colocaron 200 peces, de los cuales 100 fueron de Pargo-UNAM y 100 de tilapia del Nilo gris, por lo que se inició con una densidad de 11 peces /m³ (1.33kg/m³), esta etapa tuvo una duración de 61 días.

Los peces iniciaron con un peso promedio de 125.3 g y 108.8 g para el Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo respectivamente. Durante esta fase a los peces se les proporcionó un alimento comercial (BACHOCO Campi) con 40% de proteína cruda. El alimento se ofreció a los peces a una frecuencia de tres veces al día a saciedad aparente.⁶³

Determinación de variables productivas

Las variables productivas que se evaluaron en el presente estudio para los dos grupos genéticos fue la supervivencia y el peso final y al término de la fase de engorda se evaluó el rendimiento en filete de una muestra de 20 peces de cada grupo genético por estanque. Adicionalmente se calcularon las variables: tasa específica de crecimiento, porcentaje de peso ganado, ganancia diaria de peso y el índice de conversión alimenticia, sin embargo esta última variable se calculó para ambos grupos genéticos en conjunto ya que las poblaciones compartieron los mismos estanques y no fue posible determinar el índice de conversión alimenticia por grupo genético.

Supervivencia

La supervivencia estima el porcentaje de peces que vivieron al final de cada fase del cultivo y se calculó mediante la expresión:

$$S = 100 (N_F / N_i)$$

Donde:

S = Supervivencia

N_F = Número de peces al finalizar el experimento

N_i = Número inicial de peces

100 = Constante para expresar el resultado en valor porcentual

Ganancia diaria de peso

Es el incremento de peso ganado en un intervalo de tiempo equivalente a un día.

$$GDP = (P_F - P_i) / T$$

En donde:

GDP = Ganancia diaria de peso

P_F = Peso final

P_I = Peso inicial

T = Tiempo (días)

Porcentaje de peso ganado

Porcentaje del incremento del peso corporal a lo largo del experimento

$$\text{PPG} = 100 [(P_F - P_I) / P_I]$$

En donde:

PPG = Porcentaje de peso ganado

P_F = Peso final

P_I = Peso inicial

100 = Constante para expresar el resultado en porcentaje

Tasa específica de crecimiento

Es el incremento de peso de los animales en un intervalo de tiempo

$$\text{TEC} = 100 (\text{Ln } P_F - \text{Ln } P_I) / T$$

En donde:

TEC = Tasa específica de crecimiento

Ln P_F = Logaritmo natural de peso final

Ln P_I = Logaritmo natural de peso inicial

T = Tiempo (días)

100 = Constante para expresar el resultado en porcentaje

Rendimiento en filete

El rendimiento en filete es el porcentaje del peso del pez correspondiente a su filete y se estimó mediante la siguiente expresión:

$$\text{RF} = 100 (P_{TF} / P_{TP})$$

En donde:

RF = Rendimiento en filete

P_{TF} = Peso total del filete

P_{TP} = Peso total del pescado

100 = Constante para expresar el resultado en porcentaje

Para la evaluación del rendimiento en filete se tomó una muestra al azar de 20 organismos por grupo genético de cada repetición para hacer un total de 160 peces. Para evitar el sufrimiento se les sacrificó mediante el procedimiento de hipotermia, el cual se consiguió bajando la temperatura a 3°C, para lo cual se colocó a los peces en agua con hielo picado, con ello se consiguió la analgesia y se continuó hasta llegar a la muerte por "shock térmico".^{64, 65}

El sacrificio fue realizado el 27 de noviembre del 2007, al terminar el último pesaje, una vez muertos los peces fueron trasladados al CEIEGT, para su posterior fileteo. Se obtuvo el filete de la forma acostumbrada para este tipo de pez,⁶⁶ de la siguiente manera: primero se inicia un corte en la parte caudal de la cabeza tangencial al opérculo y por detrás de la aleta pectoral, con un ángulo de 45° cráneo-dorsal a ventral y terminando ventral a la inserción de la aleta pectoral, el segundo corte se realizó sobre toda la porción dorsal del pez de craneal a caudal de manera longitudinal, lo más próximo a las espinas dorsales y columna vertebral, continuando así hasta la región ventral del pez, para así obtener el filete de ese lado. Una vez removida esta parte, se procedió a separar la piel del filete y de igual manera se realizó en el otro flanco del pez.

Al inicio y final de cada fase de cultivo, se realizó un conteo de cada uno de los peces y se realizó un pesaje total de éstos. Con ambos datos se obtuvieron los pesos promedio iniciales y finales de cada grupo genético en cada fase del cultivo.

Índice de conversión alimenticia

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

$$\text{ICA} = \text{A}_C / \text{P}_G$$

En donde:

ICA = Índice de conversión alimenticia

A_C = Alimento consumido

P_G = Peso ganado

Debido al diseño experimental de este estudio solo fue posible obtener el índice de conversión alimenticia de las dos poblaciones en conjunto.

Con el fin de conocer el ritmo de crecimiento de los peces se llevaron a cabo muestreos mensuales del 10 % de la población de peces de cada grupo genético y se obtuvieron los pesos promedio para cada grupo genético.

Medición de variables físico-químicas del agua

Durante las diferentes etapas del cultivo se midieron algunas de las principales variables físico-químicas del agua de todos los estanques, con la frecuencia y método que se muestra en el Cuadro 1, con la finalidad de llevar un control sobre la calidad del agua.

Cuadro 1

FRECUENCIA Y MÉTODO DE MEDICIÓN DE ALGUNAS DE LAS PRINCIPALES VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA

Variable	Frecuencia	Método y/o instrumento
Temperatura (°C)	Diario	Termómetro digital (YSI 550A)
Oxígeno disuelto (ppm)	Diario	Oxímetro digital portátil (YSI 550A)
Amoniacó NH ₃ (ppm)	Semanal	Juego de reactivos colorimétricos, basado en el método de indofenol modificado (Hagen)
Amonio (NH ₄) (ppm)	Semanal	Juego de reactivos colorimétricos, basado en el método de indofenol modificado (Hagen)
pH	Semanal	Juego de reactivos colorimétricos basado en los indicadores: bromotimol, azul, timol azul y metil rojo (Hagen)
Transparencia (cm)	Semanal	Disco de Secchi

Las variables físico químicas como la temperatura y oxígeno disuelto en el agua fueron registradas en dos horarios durante el día: antes del amanecer (6:00 a 7:00 h) y en la tarde (16:00 h). La transparencia se medía a las 12:00 h. El pH, amonio (NH₄) y amoniacó (NH₃) se registraron antes del amanecer (6:00 a 7:00 h).

En el Cuadro 2 se muestran las variables físico-químicas del agua registradas durante la fase de crianza.

Cuadro 2
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA DURANTE LA ETAPA DE CRIANZA

Variable	Valor mínimo	Valor máximo	Promedio	± D.E.
Temperatura (°C)	29.4	33.2	29.7	1.94
Oxígeno (ppm)	2.01	11.4	5.06	2.28
Amoniaco (NH ₃) (ppm)	0.11	0.41	0.23	0.10
Amonio (NH ₄) (ppm)	0.60	6.10	3.35	1.72
pH	7.60	8.28	8.01	0.20
Transparencia (cm)	30.0	100.0	53.6	36.3

D.E. = Desviación Estándar

En el Cuadro 3 se muestran las variables físico-químicas del agua registradas durante la fase de preengorda.

Cuadro 3

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA DURANTE LA ETAPA DE PREENGORDA

Variable	Valor mínimo	Valor máximo	Promedio	± D.E.
Temperatura (°C)	28.4	31.5	29.8	1.11
Oxígeno (ppm)	2.14	5.34	3.68	1.19
Amoniaco (NH ₃) (ppm)	0.11	0.23	0.19	0.05
Amonio (NH ₄) (ppm)	2.10	3.98	3.40	0.88
pH	8.00	8.00	8.00	0.00
Transparencia (cm)	53.8	61.0	57.4	5.13

D.E. = Desviación Estándar

En el Cuadro 4 se muestran los valores de los parámetros fisicoquímicos del agua durante la fase de engorda, con ello se puede conocer la calidad del agua durante esta etapa.

Cuadro 4

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA DURANTE LA ETAPA DE ENGORDA

Variable	Valor mínimo	Valor máximo	Promedio	± D.E.
Temperatura (°C)	26.4	31.8	28.8	1.49
Oxígeno (ppm)	3.94	8.42	6.10	1.18
Amoniaco (NH ₃) (ppm)	0.00	0.13	0.06	0.04
Amonio (NH ₄) (ppm)	0.60	2.40	1.34	0.62
pH	8.00	8.00	8.00	0.00
Transparencia (cm)	43.8	66.2	51.5	10.2

D.E. = Desviación Estándar

En el Cuadro 5 se muestran los valores de las variables físico-químicas del agua registradas durante todo el cultivo (crianza, preengorda y engorda).

Cuadro 5

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA DURANTE LAS ETAPAS DE CRIANZA, PREENGORDA Y ENGORDA DE LOS DOS GRUPOS GENÉTICOS

Variable	Valor mínimo	Valor máximo	Promedio	± D.E.
Temperatura (°C)	26.4	33.2	29.8	1.40
Oxígeno (ppm)	2.01	11.4	5.06	2.23
Amoniaco (NH ₃)(ppm)	0.00	0.41	0.14	0.09
Amonio (NH ₄) (ppm)	0.60	6.10	2.39	1.51
pH	7.60	8.28	8.01	0.12
Transparencia (cm)	30.0	100.0	53.5	19.3

D.E. = Desviación Estándar

En la Figura 5 se observa la temperatura promedio del agua de los estanques a lo largo de 153 días de cultivo. Se aprecia que las temperaturas registradas durante la mañana se mantuvieron regularmente dentro de los rangos óptimos para las tilapias entre 25°C a 30°C.^{67, 68} y entre 28 a 29°C.⁶⁹ El aumento de la temperatura en la tarde con respecto al valor obtenido en la mañana se debe a la radiación solar, lo cual genera fluctuaciones a lo largo del día.

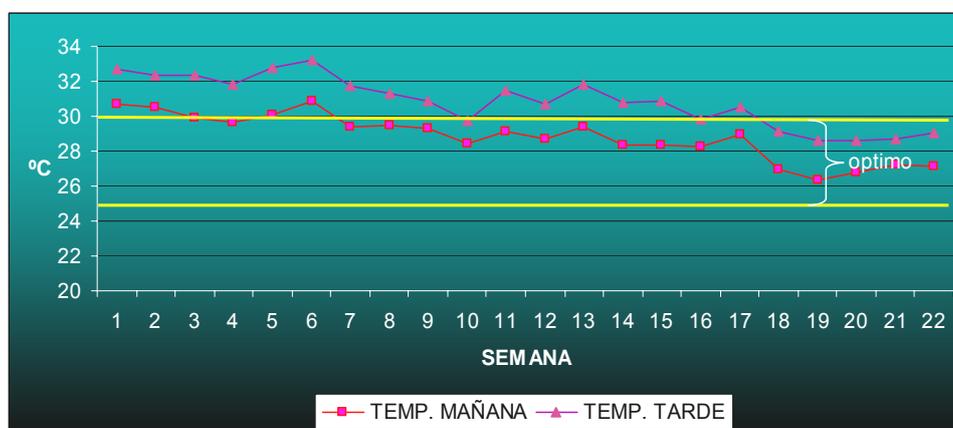


Figura 5: Fluctuaciones de la temperatura del agua de los estanques en donde se realizó el presente estudio

En la Figura 6 se muestra la concentración de oxígeno disuelto (OD) en el agua de los estanques en donde se realizó el presente trabajo. Se puede apreciar que el OD tuvo grandes variaciones a lo largo del cultivo, pero no llegó a puntos críticos que pusieran en peligro a los peces. Se recomienda como valor óptimo 4 a 6 mg/L.⁶⁹ El aumento del OD de la tarde con respecto al valor obtenido en la mañana se debe a la fotosíntesis realizada por las microalgas presentes en el estanque, lo cual genera oxígeno y con ello la fluctuación a lo largo del día.

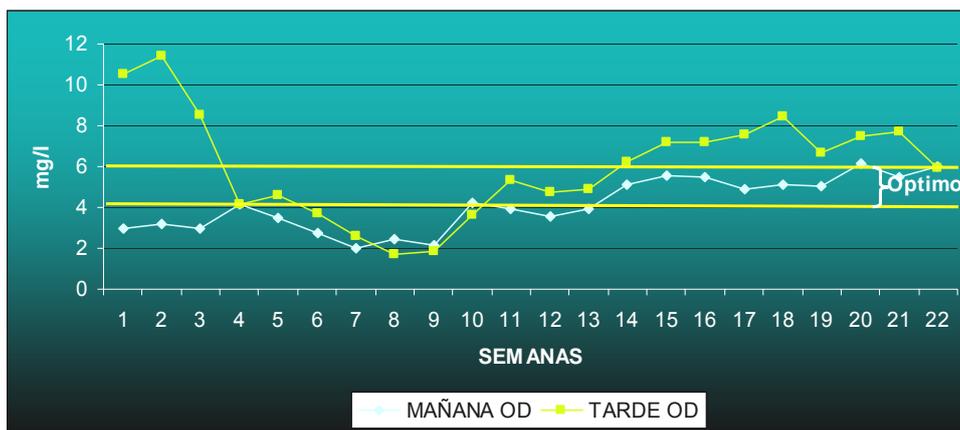


Figura 6: Concentración del oxígeno disuelto en el agua de los estanques en donde se realizó el presente estudio

En la Figura 7 se observa el comportamiento del amoníaco (NH_3) del agua a lo largo del cultivo, un valor óptimo es menor a 0.1 ppm,⁶⁸ por lo que se observa que solo se presentaron valores óptimos para el desarrollo de la tilapia al final del cultivo. Las elevadas concentraciones de amoníaco a lo largo de casi todo el cultivo se deben a la mala calidad del agua con la que cuenta la granja, la cual al salir de pozo ya contiene 0.13 ppm de NH_3 , aunado a que es un cultivo intensivo las altas densidades que se manejan generan altas concentraciones de amoníaco.

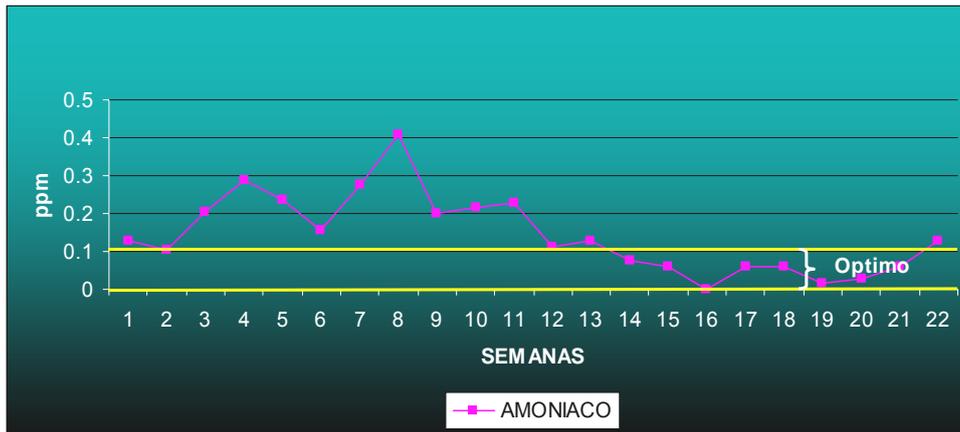


Figura 7: Concentración del amoniaco (NH_3) disuelto en el agua de los estanques en donde se realizó el presente estudio

En la Figura 8 se observa la concentración de amonio (NH_4) disuelto en los estanques a lo largo del cultivo, un valor óptimo es menor a 0.1 mg/L .⁷⁰ por lo tanto no se presentaron valores óptimos para el desarrollo de la tilapia en la mayor parte del cultivo. Las elevadas concentraciones de amonio a lo largo de casi todo el cultivo se deben a la mala calidad del agua con la que cuentan la granja, la cual al salir del pozo ya contiene 2.4 ppm de NH_4 y aunado a que es un cultivo intensivo las altas densidades que se manejan generan altas concentraciones de amoniaco.

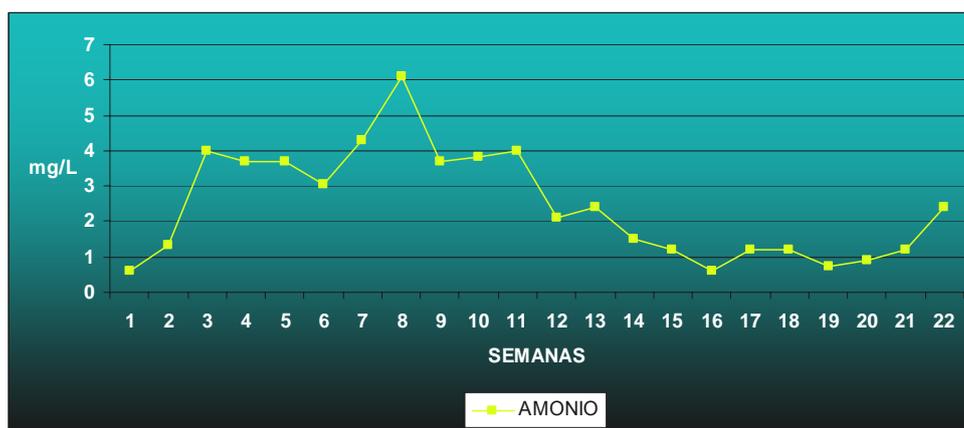


Figura 8: Concentración del amonio (NH_4) disuelto en el agua de los estanques en donde se realizó el presente estudio

En la Figura 9 se muestra el comportamiento del potencial de hidrógeno (pH) en el agua de los estanques donde se realizó el presente trabajo, en ella se observa que los valores promedio semanales de pH se mantuvieron dentro de los valores óptimos (6.5 a 8.5) para el crecimiento de la tilapia.⁷⁰

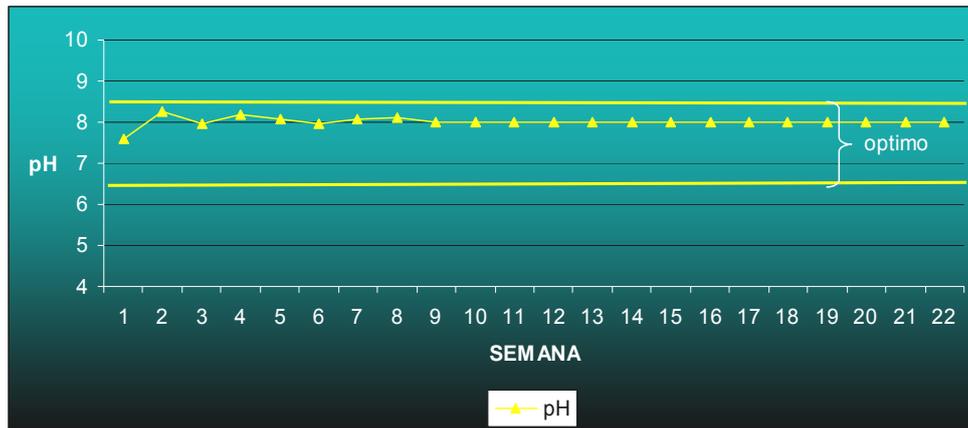


Figura 9: Fluctuación del pH en el agua de los estanques en donde se realizó el presente estudio

Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental fue de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones dadas por cada bloque (estanque) y dos tratamientos que correspondieron a cada grupo genético.

Para el análisis estadístico de la variable peso final se realizó un análisis de covarianza, donde se incluyó como covariable el peso inicial. Se utilizó el procedimiento de GLM (General Linear Models) del programa estadístico SAS (Sistema de Análisis Estadístico, por sus siglas en inglés) para microcomputadora.⁷¹

El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + t_j + \gamma X_{ij} + E_{ij}$$

En donde:

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

μ = Media poblacional un efecto común a todas las observaciones

β_i = Efecto del bloque (i)

T_j = Efecto del grupo genético (j)

E_{ij} = Efecto aleatorio del error en la unidad experimental del bloque (i) y del grupo genético (j) con distribución $N(0, \sigma^2)$

γ = Coeficiente de regresión lineal para peso inicial

X_{ij} = Covariable (peso inicial)

Para el análisis estadístico de las variables: supervivencia, conversión alimenticia y rendimiento en filete se llevaron a cabo análisis de varianzas con

el procedimiento de ANOVA (Analysis of Variance) del programa estadístico SAS para microcomputadora.⁷¹ Los parámetros expresados en valores porcentuales, regularmente no tienen una distribución normal, por lo que se les realizó la transformación arcoseno previo al análisis estadístico.^{72, 73}

El modelo estadístico fue:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + t_j + E_{ij}$$

En donde:

Y_{ij} = Valor fenotípico (supervivencia, conversión alimenticia, peso final y rendimiento en filete para la etapa de engorda) observado del grupo genético (j) en la unidad experimental (i)

μ = Media poblacional un efecto común a todas las observaciones

β_i = Efecto del bloque (i)

t_j = Efecto del grupo genético (j)

E_{ij} = Efecto aleatorio del error de la unidad experimental del Bloque (i) y del grupo genético (j) con distribución N (0, σ^2)

RESULTADOS

A continuación se presenta la información de las variables productivas obtenidas de las tres fases evaluadas en este experimento que en conjunto tuvieron una duración de 153 días.

Fase de crianza

En el Cuadro 6 se muestran los resultados de las variables productivas: supervivencia, peso inicial, peso final, ganancia diaria de peso, peso ganado en porcentaje, tasa específica de crecimiento e índice de conversión alimenticia de los dos grupos genéticos en conjunto, al finalizar la fase de crianza el índice de conversión alimenticia fue de 1.01. El diseño experimental no contempló evaluar en forma independiente esta variable para cada grupo genético.

Cuadro 1
VARIABLES PRODUCTIVAS EVALUADAS DURANTE LA FASE DE
CRIANZA*

	Pargo- UNAM	Tilapia del Nilo	P>F	E.E.**
Supervivencia (%)	92.8 ^a	72.1 ^b	0.0074	2.614
Peso inicial (g)	4.53 ^a	2.54 ^b	0.0078	0.311
Peso final (g)	43.6 ^a	29.1 ^a	0.2203	1.986
Ganancia diaria de peso (g/día)	0.62 ^a	0.42 ^b	0.0045	0.026
Peso ganado (%)	963 ^a	1144 ^a	0.1962	0.196
Tasa específica de crecimiento (%/día)	3.59 ^a	3.87 ^a	0.3867	12.088

*Valores en el mismo renglón con el mismo superíndice son similares ($P>0.05$)

**E.E.= Error Estándar

En la Figura 10 se muestra la supervivencia durante la fase de crianza, la cual fue diferente ($P>0.05$) en ambos grupos genéticos.

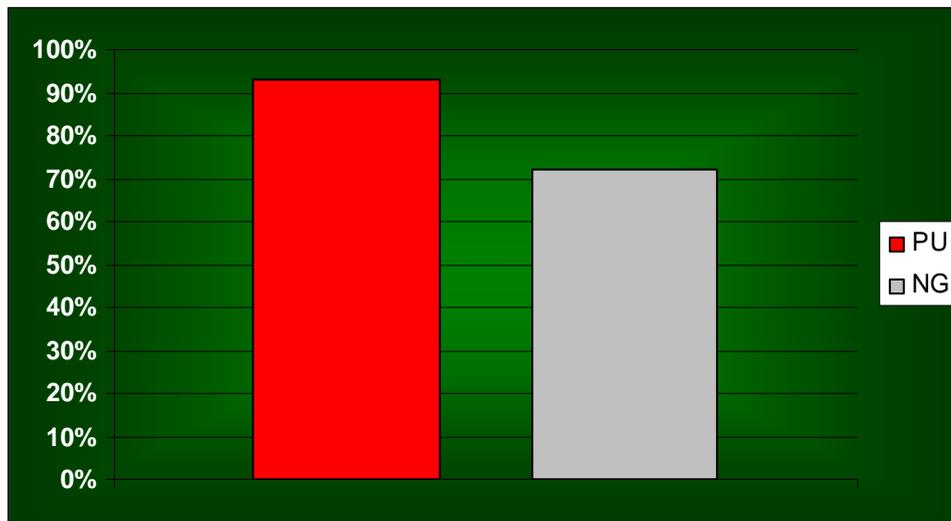


Figura 1: Supervivencia de Pargo-UNAM (PU) y la tilapia del Nilo gris (NG), durante la fase de crianza

En la Figura 11 se muestra el peso final durante la fase de crianza, el cual fue similar ($P < 0.05$) en ambos grupos genéticos.

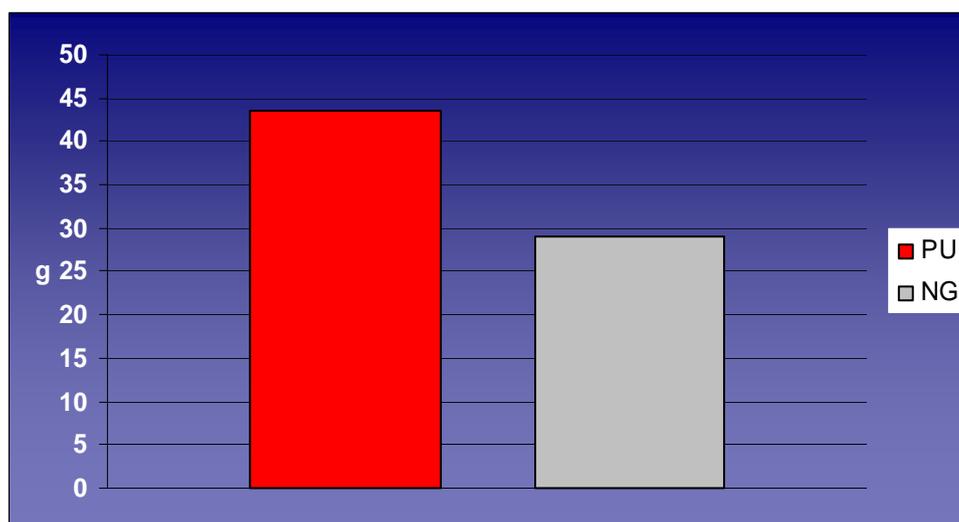


Figura 2: Peso final de Pargo-UNAM (PU) y la tilapia del Nilo gris (NG), durante la fase de crianza

Fase de preengorda

En el Cuadro 7 se muestran los resultados de las variables productivas: supervivencia, peso inicial, peso final, ganancia diaria de peso, peso ganado en

porcentaje y tasa específica de crecimiento por día. E índice de conversión alimenticia, de los dos grupos genéticos en conjunto, al finalizar la fase de preengorda el índice de conversión alimenticia fue de 1.32. El diseño experimental no contempló evaluar en forma independiente esta variable para cada grupo.

Cuadro 2
VARIABLES EVALUADAS DURANTE LA FASE DE PREENGORDA*

	Pargo- UNAM	Tilapia del Nilo	P>F	E.E.**
Supervivencia (%)	88.8 ^a	58.6 ^b	0.0329	6.120
Peso inicial (g)	43.6 ^a	29.1 ^b	0.0090	3.043
Peso final (g)	127.2 ^a	108.6 ^a	0.2822	6.279
Ganancia diaria de peso (g/día)	2.88 ^a	2.74 ^a	0.5520	0.210
Peso ganado (%)	292 ^a	374 ^a	0.2250	145.51
Tasa específica de crecimiento (%/día)	3.69 ^a	4.54 ^a	0.2207	0.273

*Valores en el mismo renglón con el mismo superíndice son similares (P>0.05)

**E.E.= Error Estándar

En la Figura 12 se muestra la supervivencia durante la fase de preengorda, la cual fue diferente ($P > 0.05$) en ambos grupos genéticos.

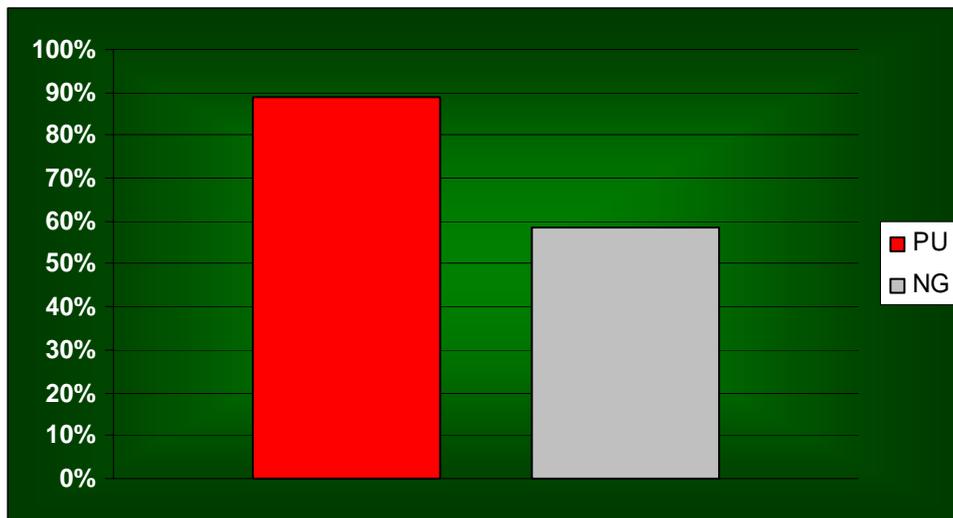


Figura 3: Supervivencia de Pargo-UNAM (PU) y la tilapia del Nilo gris (NG), durante la fase de preengorda

En la Figura 13 se muestra el peso final durante la fase de preengorda, la cual fue similar ($P < 0.05$) en ambos grupos genéticos.

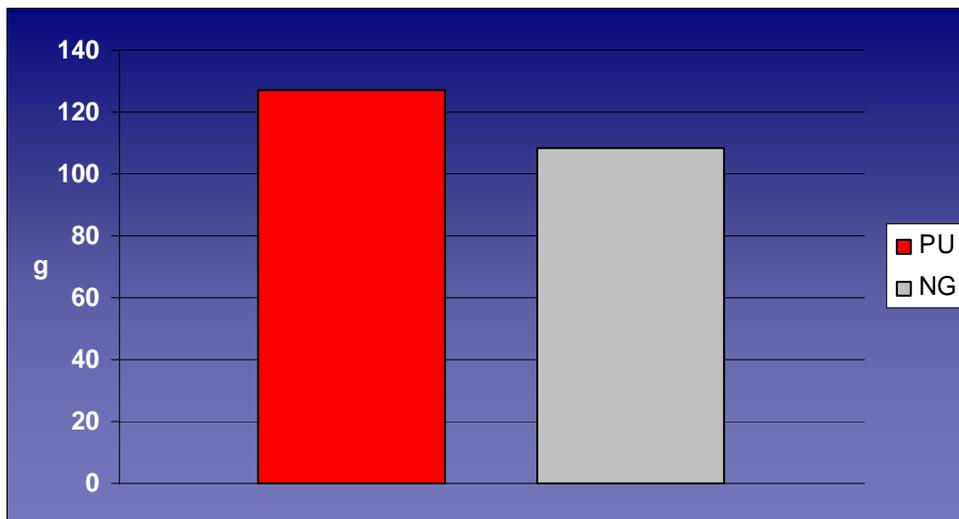


Figura 4: Peso final de Pargo-UNAM (PU) y la tilapia del Nilo gris (NG), durante la fase de preengorda

Fase de engorda

En el Cuadro 8 se muestran los resultados de las variables productivas: supervivencia, peso inicial, peso final, ganancia diaria de peso, peso ganado en porcentaje y tasa específica de crecimiento por día. El índice de conversión alimenticia, de los dos grupos genéticos en conjunto, al finalizar la fase de engorda el índice de conversión alimenticia fue de 0.83. El diseño experimental no contempló evaluar en forma independiente esta variable para cada grupo genético.

Cuadro 3
VARIABLES PRODUCTIVAS EVALUADAS DURANTE LA FASE DE
ENGORDA*

	Pargo- UNAM	tilapia del Nilo	P>F	E.E.**
Supervivencia (%)	96.0 ^a	97.0 ^a	0.7832	5.999
Peso inicial (g)	127.2 ^a	108.6 ^b	0.0246	3.939
Peso final (g)	351.6 ^a	312.9 ^a	0.4828	16.068
Ganancia diaria de peso (g/día)	3.68 ^a	3.35 ^a	0.3393	1.323
Peso ganado (%)	276 ^a	288 ^a	0.0958	36.289
Tasa específica de crecimiento (%/día)	1.64 ^b	1.71 ^a	0.0410	0.350
Rendimiento en filete (%)	29.84 ^a	28.75 ^a	0.3794	0.163

*Valores en el mismo renglón con el mismo superíndice son similares (P>0.05)

**E.E.= Error Estándar

En la Figura 14 se muestra la supervivencia durante la fase de engorda, la cual fue similar ($P < 0.05$) en ambos grupos genéticos.

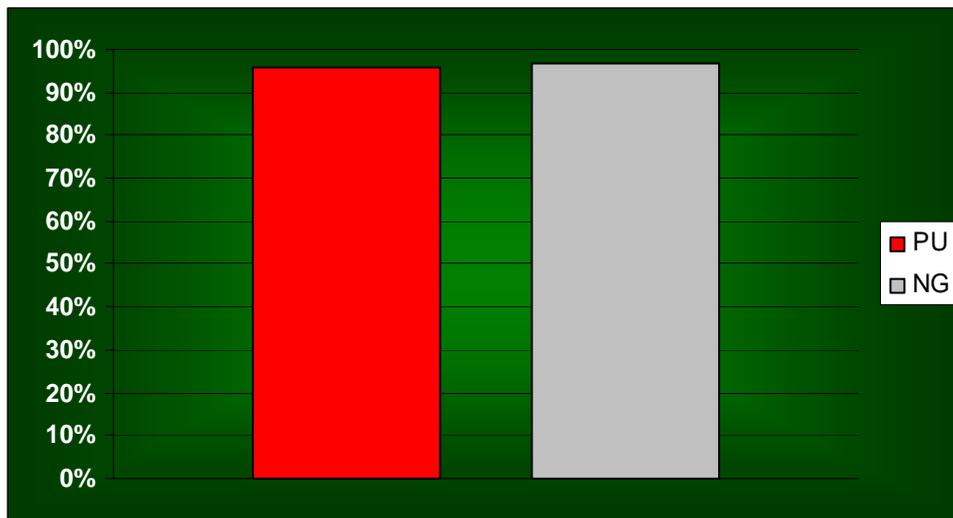


Figura 5: Supervivencia de Pargo-UNAM (PU) y la tilapia del Nilo gris (NG) en la fase de engorda

En la Figura 15 se muestra el peso final durante la fase de engorda, la cual fue similar ($P > 0.05$) en ambos grupos genéticos.

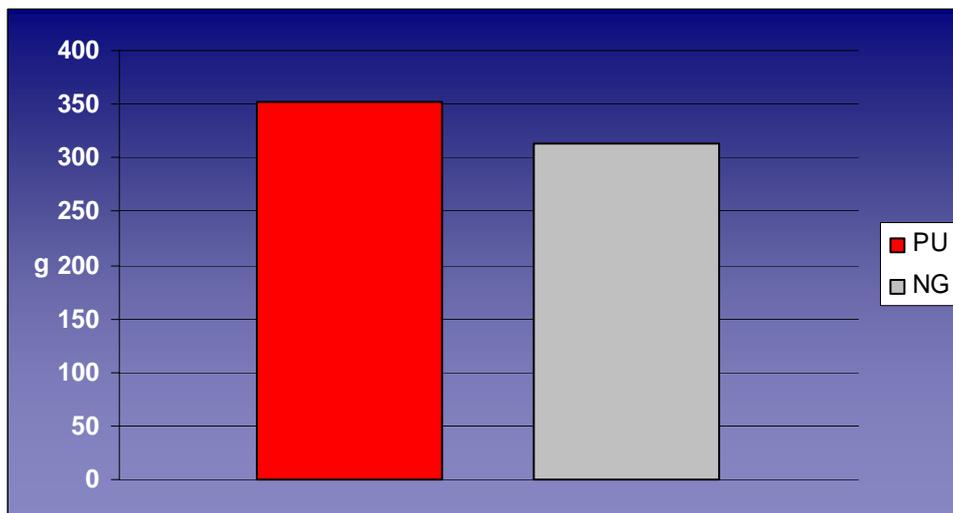


Figura 6: Peso final de Pargo-UNAM (PU) y la tilapia del Nilo gris (NG), durante la fase de engorda

En la Figura 16 se observa el crecimiento de las poblaciones Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo gris a lo largo de un cultivo de cinco meses.

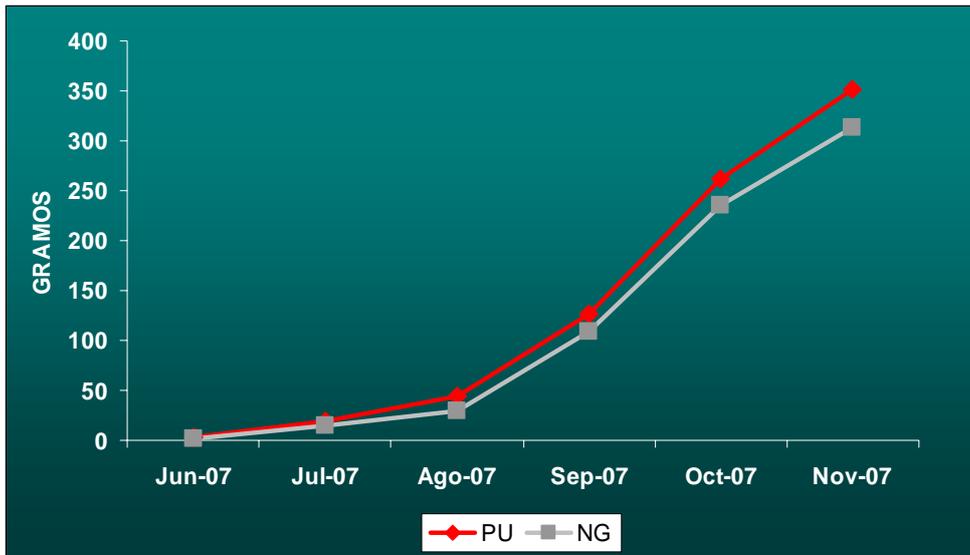


Figura 7: Ritmo de crecimiento mensual de los dos grupos genéticos de tilapia a lo largo del experimento

Análisis de la distribución de la población

En la Figura 17 se muestra la distribución de pesos finales para los dos grupos genéticos de tilapia. En donde se observa que la población de Pargo-UNAM obtuvo un 87.3% de peces por arriba del peso mínimo comerciable (300 g), en contraste con la tilapia del Nilo tipo silvestre, cuyo porcentaje de peces que estuvieron por arriba del peso mínimo comerciable fue de 68.2%.

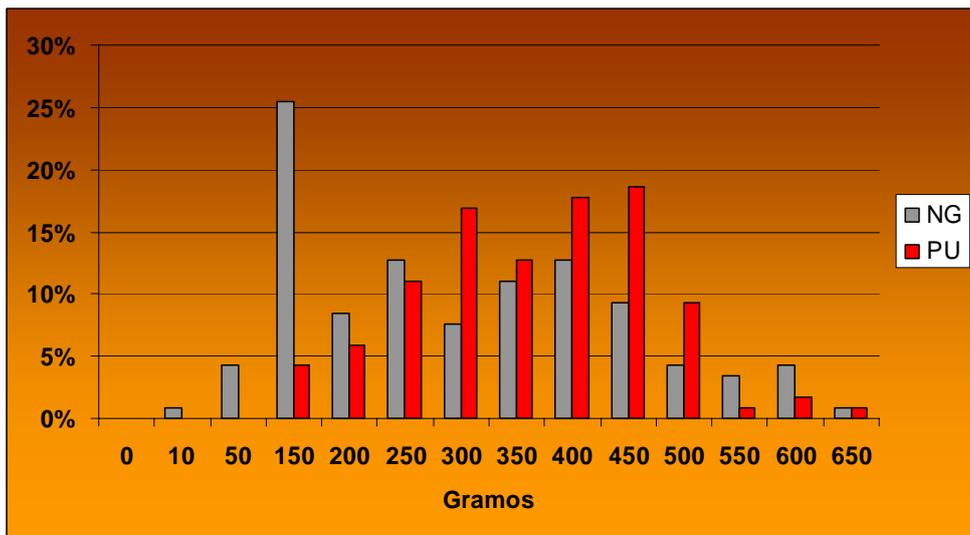


Figura 8: Distribución de los pesos finales de la tilapia Pargo-UNAM al término de 153 días de cultivo

En la Figura 18 se muestra la diferencia expresada en porcentaje del rendimiento en filete, que presentan el Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo. No se encontraron diferencias ($P>0.05$).

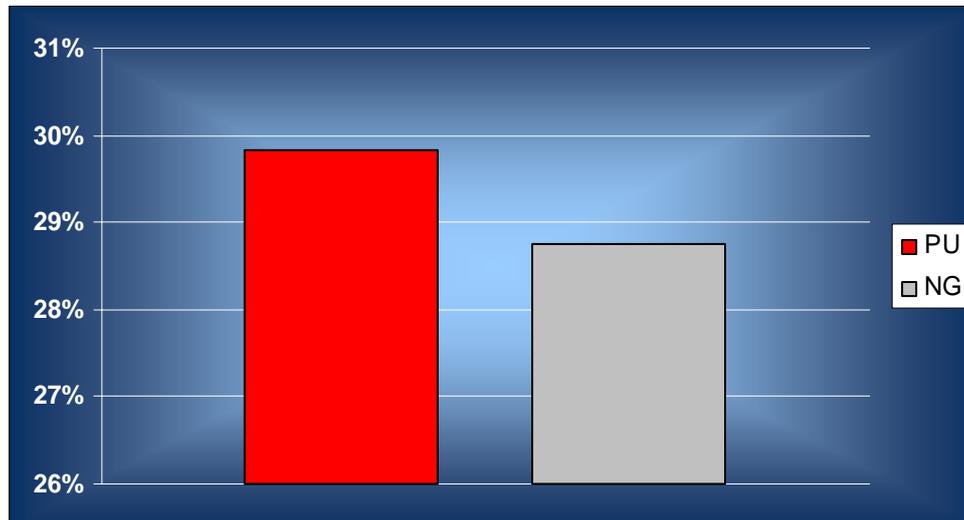


Figura 9: Rendimiento en filete de Pargo-UNAM (PU) y la tilapia del Nilo (NG) al término del cultivo

DISCUSIÓN

Este estudio muestra evidencias de que la población sintética de tilapia roja Pargo-UNAM presenta un crecimiento similar a la tilapia del Nilo gris a un peso comercial en el rango de 300 a 350g, bajo condiciones de cultivo intensivo en una granja piscícola de la zona centro del estado de Veracruz. Sin embargo, el Pargo-UNAM mostró mayores supervivencias en las dos primeras etapas de cultivo analizadas, lo que podría ser un indicio de ser un grupo genético con mayor resistencia a condiciones ambientales adversas.

La supervivencia durante la etapa de crianza fue diferente entre ambos grupos genéticos, siendo de 92% para el Pargo-UNAM y de 72 % para la tilapia del Nilo (Figura 10), esto difiere a lo que se reporta en los estudios en donde se han comparado grupos genéticos de color gris y rojo, en donde las tilapias rojas o de colores diferentes al tipo silvestre (gris) presentan supervivencias menores a estas últimas.^{14, 28, 74}

Los trabajos de Morales,⁶ Salazar⁵⁴ y Peña,⁵⁵ reportaron supervivencias de Pargo-UNAM para la etapa de crianza de 79%, 95.7% y 98% respectivamente, valores similares a los encontrados en el presente estudio. La crianza es una de las etapas en donde los peces tienen una mayor probabilidad a mostrar mortandades altas debido una mayor vulnerabilidad por causas como: susceptibilidad a enfermedades, condiciones hidrobiológicas adversas, canibalismo y depredación; sin embargo los trabajos antes mencionados y el presente estudio posicionan al Pargo-UNAM con supervivencias por arriba del 90% en la etapa de crianza, excluyendo el trabajo de Morales.⁶

Durante la preengorda las poblaciones mostraron cuadros clínicos correspondientes a una enfermedad bacteriana,^{70, 75-77} por lo que durante esta

etapa los peces fueron tratados con el antibiótico enrofloxacin,⁷⁸⁻⁸⁰ siguiendo las indicaciones para la medicación de peces.⁷⁷ La enrofloxacin tiene un tiempo de retiro en *O. niloticus* de 22 días.⁸¹ La mortandad reportada en esta etapa se asocia a la presencia de la enfermedad, sin embargo al igual que en la crianza, se encontró una supervivencia mayor en el Pargo-UNAM (89.3%) con respecto a la tilapia del Nilo gris (58.6%) (Figura 12).

Esta información podría considerarse como una evidencia de la alta resistencia de la población sintética Pargo-UNAM a condiciones ambientales adversas.

La supervivencia durante la engorda fue similar en ambas poblaciones (Figura 14) y se pueden considerar como altas: 96% para el Pargo-UNAM y 97% para la tilapia del Nilo gris, coincidiendo con lo encontrado en la engorda realizada por Morales⁶ y Salazar⁵⁴ quienes informaron de supervivencias del 98.7% y 99.6% para el Pargo-UNAM y del 100% y 99.6% para la tilapia del Nilo respectivamente. Altas supervivencias durante la etapa final del cultivo deben de considerarse dentro de lo esperado, considerando que los individuos adultos presentan una mayor resistencia a condiciones adversas.

Al evaluar el peso final de los dos grupos genéticos a lo largo de las tres etapas se encontró que no existieron diferencias significativas entre ambos grupos, los cuales estuvieron bajo cultivo por un periodo de 153 días, con una edad de 193 días y alcanzaron un peso promedio de 351.6 g para el Pargo-UNAM y de 312.9 g para la tilapia del Nilo gris (Figura 11, 13 y 15).

Los resultados de este trabajo y lo reportado por Morales⁶ y Salazar⁵⁴ muestran evidencias de que bajo cultivo intensivo el Pargo-UNAM y la tilapia

del Nilo gris presentan crecimientos similares a pesos comerciales entre los 300 g y 600 g.

Es interesante considerar que es la primer población de tilapia roja, producto de un cruzamiento *interse* de un trihíbrido, que tiene un desempeño similar a la tilapia del Nilo gris, siendo esta especie en la que se sustenta la mayor producción mundial de tilapia debido a su rápido crecimiento.⁵

En algunos mercados las tilapias rojas presentan un valor agregado debido a una mayor preferencia de los consumidores atribuido a su atractivo color rojo,^{19, 82} por lo que el cultivo de Pargo-UNAM al ser una tilapia roja, podría mostrar ventajas económicas adicionales en contraste al cultivo de la tilapia del Nilo gris.

En la etapa de crianza el índice de conversión alimenticia (ICA) fue de 1.0 para ambas poblaciones de tilapia en conjunto, lo cual es un buen valor de ICA puesto que nos indica que por cada unidad de alimento se obtuvo esa misma cantidad en peso de pez, al comparar estos datos con los obtenidos con Salazar⁵⁴ encontramos que reporta valores 0.77 para el Pargo-UNAM y 0.67 para la tilapia del Nilo gris, hay que considerar que el trabajo de Salazar fue realizado utilizando agua del río Nautla y es posible que hayan obtenido esta conversión alimenticia debido a la producción primaria del agua, además que presentó mejores condiciones de calidad del agua como es el caso de amoníaco. El ICA reportado por Morales⁶ para los mismos grupos genéticos son muy similares a los reportados por Salazar.⁵⁴ Morales⁶ reporta para el Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo un índice de conversión alimenticia de 0.67. Jiménez⁴ reporta un índice de conversión alimenticia muy similar a los de el presente estudio, dicho autor trabaja con una población trihíbrida, el Pargo-

UNAM y una población sintética-2. Reporta los siguientes índices de conversión alimenticia 1.1, 1.2, 1.2 en el mismo orden.

Ridha informó de valores de ICA que van de 1.16 a 1.61 para la tilapia GIFT y otras poblaciones asiáticas de tilapias grises, similares al ICA encontrado en los grupos genéticos evaluados en el presente estudio.⁴⁹

El ICA en la etapa de preengorda obtenido en el presente trabajo es de 1.32, el cual es aceptable ya que es normal observar una baja de eficiencia en la conversión alimenticia conforme aumenta la edad de los peces.

En la fase de engorda el ICA que se presentó fue de 0.83, el cual es excelente, está por debajo de lo reportado en otros trabajos. Siddiqui reportó un ICA en cinco grupos genéticos de tilapia adultas con valores que se encontraron entre 1.44 y 1.75,²⁸ con valores similares encontramos el trabajo de Riego⁸³ quién trabajó con poblaciones híbridas y reportó valores de alrededor de 1.5 para los híbridos y de 2.04 a 2.45 para las poblaciones puras. En otro trabajo con poblaciones híbridas, Velázquez⁴³ reportó valores de 1.22 y de 1.02 para híbridos rojos, mientras que para las poblaciones puras reportó 1.05 y 1.17.⁴³ Comparando el ICA de este trabajo con otras poblaciones de Pargo-UNAM, Morales⁶ reporta un ICA de 1.07 para el Pargo-UNAM y de 1.0 para la tilapia del Nilo. Salazar⁵⁴ reportó un ICA entre 1.3 a 1.5 en cuatro poblaciones de tilapia, siendo el Pargo-UNAM el que presentó un ICA de 1.5 y la tilapia del Nilo de 1.3, hay que hacer mención que en su trabajo Salazar presenta peces de mayor tamaño y que el ICA aumenta conforme aumenta la edad de los peces. Esto quiere decir que baja la eficiencia en la transformación de alimentos conforme aumenta la edad, esto es evidente al comparar los datos de los trabajos de Jiménez,⁵² Siddiqui,²⁸ Morales,⁶ Salazar,⁵⁴

Velázquez,⁴³ quienes en las primeras etapas reportaron valores más bajos que en las etapas finales del desarrollo del pez.

Cabe mencionar que durante la fase de preengorda y engorda el alimento que se le suministró a los peces contenía un 38% de proteína, el cual fue determinado mediante un análisis químico proximal realizado en el CEIEGT de la FMVZ de la UNAM, esto es un porcentaje mayor de proteína al que recomienda Olvera,⁶³ es posible que este aumento de proteína en la dieta es lo que favoreció los índices de conversión alimenticia aunque esto se contrapone a los resultados obtenidos en un estudio realizado por Wing-Keong quien evaluó dos niveles de proteína 25% y 35% de proteína, en dos poblaciones de tilapias rojas híbridas y la GIFT y encuentra que los índices de conversión alimenticia más eficientes se encontraron con el menor aporte de proteína, es decir 25% para los híbridos rojos pero para la GIFT el índice de conversión alimenticia es similar para los dos aportes de proteína.⁴⁸

El rendimiento en filete en el presente trabajo fue de 29.8% para el Pargo-UNAM y de 28.7% para tilapia del Nilo (Figura 18), esto concuerda con lo encontrado por Salazar⁵⁴ y Peña⁵⁵ quienes también encontraron similitudes de rendimiento en filete entre ambos grupos genéticos. En el caso de Salazar,⁵⁴ reportó un rendimiento en filete para el Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo de 33.0%, con pesos promedio de 656 g y 550 g respectivamente; mientras que Peña⁵⁵ reportó un rendimiento en filete para el Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo de 34.2% y 34.6% respectivamente, con pesos promedio de 414.6 g y 474.0 g respectivamente.

Se tiene solo un reporte en donde el rendimiento en filete de la tilapia del Nilo es superior al del Pargo-UNAM (30.7% y 28.1% respectivamente), siendo los pesos promedio de los peces al momento del fileteado de 396.3 g y 407.4 g para la tilapia del Nilo y el Pargo-UNAM respectivamente.⁶

Existen algunos trabajos en los que se reportan rendimientos en filete del 24% al 30%, en ellos reportan que los pesos promedio variaban entre 181 g a 400 g,^{43, 83, 84} sin embargo existen otros trabajos donde evalúan el rendimiento en filete con rendimientos del 30.1% al 37.6% y reportan que los pesos promedio variaban entre 401 g a 787.7 g. Esto podría sugerir que a mayor peso del pez sea mayor el rendimiento en filete, por esa razón se propone evaluar este rasgo en peces por arriba de los 500 g, con el fin de determinar si a pesos mayores de los peces el rendimiento en filete aumenta. Sin embargo existe un trabajo en el que se reportan rendimientos en filete de 25.4% con peso promedio de 585 g,³⁴ siendo uno de los rendimientos más bajos con pesos promedio de los peces por arriba de los 400 g.

CONCLUSIÓN

La similitud en crecimiento y rendimiento en filete al término del cultivo entre el Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo de tipo silvestre gris y la superioridad en la supervivencia del Pargo-UNAM durante la crianza y preengorda, lo proyectan como una opción para ser incorporada al sistema de producción de la granja Agroindustrias Pargo y como una opción en las explotaciones comerciales de tilapia roja.

REFERENCIAS

1. FAO. Producción mundial de acuicultura por grupos de especies 2005. Available from: <ftp://ftp.fao.org/FI/STAT/summary/b-1.pdf>
2. CONAPESCA, SAGARPA. Anuario estadístico de acuicultura y pesca. 2005. Available from: <http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx>
3. Muñoz-Córdova G, Garduño-Lugo M. Mejoramiento genético en tilapia. Sistemas de cruzamiento y mecanismos genéticos en la determinación del color. 1^a ed. Veracruz SIGOLFO, 2003.
4. Jiménez EA. Comportamiento productivo y Heterosis retenida de la primer generación de una línea sintética de tres especies de tilapia (*Oreochromis aureus* *O. niloticus* *O. mossambicus*) en la zona norte del estado de Veracruz. (tesis de licenciatura). DF México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2002.
5. Rana KJ. Aquatic environments and use of species groups. Fisheries Circular. 1997 Available from: <http://www.fao.org/DOCREP/003/W7499E/w7499e08.htm>
6. Morales AV. Desempeño productivo del Pargo-UNAM (1/4 tilapia Rocky Mountain, ¼ *Oreochromis niloticus* y ½ tilapia roja de Florida) y la tilapia del nilo (*Oreochromis niloticus*, Linneaus) (tesis de licenciatura). Tecamachalco: (Puebla) Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2006.
7. Castaldo D. Finfish diets: Maxi - Mising Tilapia feed. Feed International 1995;(18-21).

8. Arredondo FJ, Guzmán M. Actual situación taxonómica de las especies de tribu tilapiini (pisces: Cichlidae) introducidas a México. Anales del instituto de biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Zoología 1985;(555-672).
9. García M, Auró A. Principios de Acuicultura [CD-ROM.]. FMVZ-UNAM, Capítulo 7 Cultivo de la tilapia (tilapicultura); 2001.
10. Arredondo-Figueroa J, Lozano-Gracia S. El cultivo de la tilapia en México. In: Primer curso internacional de producción de tilapia. 1996; México DF: Facultad de Medicina y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México; 1996:7-18.
11. Castillo LF. Historia genética y cultivo de la tilapia roja. In: Ideal, 1994; Cali (Valle), Colombia: 1994:330.
12. Kuo H. Progress in genetic improvement of the red hybrids tilapia in Taiwan. In: RVS; 1988; 1988:219-21.
13. Tilapia roja 2006. Una evolución de 25 años, de la incertidumbre al éxito. 2006. Available from: <http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/Colombia/TILAPIARROJA2006.pdf>.)
14. McAndrew BJ, Roubal ER, Roberts RJ, Bullock AM, McEwen IM. The genetics and histology of red, blond and associated color variants in *Oreochromis niloticus*. Genética 1988;76:127-137.
15. Tave D. Genetics of body color in tilapia. Aquaculture Magazine 1991;(76-79).
16. Castillo LF. Historia del cultivo de la tilapia roja en Colombia. Memorias. In: II Seminario de Acuicultura; 1990; Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, (Medellín) Colombia:1990.

17. Castillo LF. Cultivo comercial de la tilapia roja en Colombia. In: Memorias III Reunión Red Nacional de Acuicultura; 1989; Calima, Colombia: COLCIENCIAS, CIID-Canadá. Cali; 1989:(221-229).
18. Galman OR, Moreau J, Avtalion RR. Breeding characteristics and growth performances of Philippine red tilapia In: R.S.V., editor. The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture; 1988; ICLARM, Manila; 1988:(169-75).
19. Fitzgerald WJ. The red-orange tilapia a hybrid that could become a world favorite. *Fish Farming International* 1979;6:26-27.
20. Huang CM, Chang SL, Cheng HJ, Liao IC. Single gene inheritance of red body coloration in Taiwanese red tilapia. *Aquaculture* 1988;74:227-232.
21. Pullin RSV. Choice of Tilapia Species for Aquaculture. In: International Symposium on Tilapia in Aquaculture; 1983; Tel Aviv University, Israel: 1983.
22. Gamal EL A, Smitherman R, Behrends L. Viability of red and normal-colored *Oreochromis aureus* and *O. niloticus* hybrids. In: The second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Bangkok Thailand: ICLARM Conference proceedings; 1987:153-158.
23. Muñoz G. Heterosis habilidad combinatoria, proporción de sexo 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). D.F. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2000.
24. Visiedo CI, Sánchez PT, Vázquez RJ, Arteaga HJA. Comparación del crecimiento de la descendencia dorada y oscura de la Perca Dorada (*Sarotherodon mossambicus* var. albina x *Sarotherodon hornorum*). *Rev. Lat. Acui* 1984; marzo:13-21.

- 25 Matricia T, Talbot AJ, Doyle RW. Instantaneous Growth Rate of Tilapia Genotypes in Undisturbed Aquaculture Systems. I. "Red" and "Grey" Morphs in Indonesia. *Aquaculture* 1989;77:295-306.
- 26 Johansen SR. Comparación de Crecimiento de la Línea Roja y Gris de *Oreochromis niloticus* (L.) Monosexada, Bajo condiciones de cultivo semiintensivo en el municipio de Tlapacoyan, Veracruz (tesis licenciatura). Tuxpan (Veracruz) México: Universidad Veracruzana, 1994.
- 27 Muñoz G, Garduño M. Evaluación del crecimiento de cuatro fenotipos de la mojarra tilapia *Oreochromis niloticus*. *Oceanología* 1996;2:143-152.
- 28 Siddiqui AQ, Al-Harbi AH. Evaluation of three species of tilapia, red tilapia and a hybrid tilapia as culture species in Saudi Arabia. *Aquaculture* 1995;138:145-157.
- 29 Eguiar R, León R, Hernández I. Crecimiento en estanques de cemento y de tierra de tres especies del genero Tilapia. *Rev. Lat. Acui* 1982;11:6-9.
- 30 Muñoz G, Garduño M. Comparación del crecimiento entre *Oreochromis niloticus* *O. mossambicus* y sus híbridos bajo condiciones de cultivo. *Vet. Méx.* 1994;25:323-326.
- 31 Macaranas JM, Mather PB, La1 SN, Vereivalu T, Lagibalavub M, Capra MF. Genotype and environment: A comparative evaluation of four tilapia stocks in Fiji. *Aquaculture* 1997;150:11-24.
- 32 Leao V, Silva P, Machado CP, Dalacorte P. Dalacorte P. Comparação do desempenho produtivo do machos revertidos do tilapia nilótica, *Oreochromis niloticus* (Linhagem Tailandesa) e de tilapia vermelha tetrahibrida (Linhagem de israel). *Tilapia Aquaculture* 2000;1:83-87.

- 33 Kamal AHMM, Mair GC. Salinity tolerance in superior genotypes of tilapia, *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis mossambicus* and their hybrids. *Aquaculture* 2005;247:189-201.
- 34 Clement S, Lovell RT. Comparison of processing yield and nutrient composition of cultured Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture* 1994;119:299-310.
- 35 Landa A, Garduño M, Muñoz G. Crecimiento de las líneas rojas de dos especies de tilapia durante la etapa de crianza. In: VII Reunión científica del sector agropecuario y forestal del estado de Veracruz 1994. Gabriel Díaz Padilla, Marina Enriqueta López, Vázquez José A. Cruz Ballado, editors. diciembre 1994; Veracruz (Veracruz) México; 1994:166.
- 36 Sánchez M, Muñoz G, Garduño M, Sánchez BF. Desempeño productivo de dos especies de tilapia roja en una granja piscícola. In: VIII Reunión científica del sector agropecuario y forestal del estado de Veracruz. Gabriel Díaz padilla, Marina Enriqueta López, Vázquez José A. Cruz Ballado, editors.; diciembre 1995; Veracruz (Veracruz) México. 1995:309.
- 37 Garduño LM, Muñoz CG, Landa DA. Parámetros productivos de dos especies rojas de tilapia. In: IX Reunión científica del sector agropecuario y forestal del estado de Veracruz diciembre 1996; Veracruz (Veracruz) México; 1996:160.
- 38 Aparecida A, Moreira HM, Wangner A, Hilsdort S. 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.

- 39 Rodríguez L, Garduño M, Muñoz G. Heterosis en híbridos de tilapia roja. In: VIII Reunión científica del sector agropecuario y forestal del estado de Veracruz 1995; Veracruz (Veracruz) México; 1995:310.
- 40 Garduño-Lugo M, Herrera-Solís JR, Angulo-Guerrero JO, Muñoz-Córdova G, De la Cruz-Medina J. Nutrient composition and sensory evaluation of fillets from wild-type tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus and a red hybrid (Florida red tilapia x red *O. niloticus*). *Aquaculture Research* 2007;38:1079-1081.
- 41 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.
- 42 Cano MX. Mejoramiento genético de rasgos productivos en tres especies de tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757), *O. mossambicus* (Peters, 1852) y *O. aureus* (Steindachner, 1864), mediante cruzamientos terminales, en la Zona Centro-Norte del Estado de Veracruz (tesis de licenciatura). Xalapa (Veracruz) México: Universidad Veracruzana, 2002.
- 43 Velázquez LMC. Heterosis y desempeño productivo del híbrido de *Oreochromis niloticus* rosa (Linnaeus, 1957) y *O. mossambicus* roja (Peters, 1852). (tesis de licenciatura). Tecamachalco (Puebla) México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2006.
- 44 Montaldo H. La mejora genética de animales hoy ¿abriendo la caja de Pandora o la cueva de Alí Baba? *Imagen Veterinaria* 2000;1:32-38.

- 45 Adépo-Gourene B, G T, JF A. Morphologic and genetic differentiation of natural populations of *Chrysichthys nigrodigitatus* (Lacepede, 1803) (*Siluroidei*, *Claroteidae*). Proceedings of the Symposium Genetics and Aquaculture in Africa France: Paris; 1998.
- 46 Burdon R. Understanding animal breeding. 1^a ed. Upper Saddle River: Prentice Hall; 1997.
- 47 Bentsen HB, Eknath AE, Vera PMS, Danting JC, Bolivar HL, Reyes RA, *et al*. Genetic improvement of farmed tilapias: growth performance in a complete diallel cross experiment with eight strains of *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 1998;160:145-173.
- 48 Wing-Keong N, Hanim R. Performance of genetically improved Nile tilapia compared with red hybrid tilapia fed diets containing two protein levels. *Aquaculture Research* 2007;38:965-972.
- 49 Ridha MT. Evaluation of growth performance of no improved and improved strains of the Nile Tilapia (L.), *Oreochromis niloticus*. *Journal of the World Aquaculture Society* 2006;37:218-223.
- 50 Ridha MT. Comparative study of growth performance of three strains of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, L. at two stocking densities. *Aquaculture Research* 2006,37:172-179.
- 51 Rutten MJM, Bovenhuisb H, Komen H. Modeling fillet traits based on body measurements in three Nile tilapia strains (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture* 2004;231:113-122.
52. Jiménez EA, Riego M, Muñoz-Córdova G, Garduño-Lugo M. Desempeño productivo de una población sintética de tilapia: el Pargo-UNAM (¼ Rocky

Mountain, $\frac{1}{4}$ *Oreochromis niloticus* y $\frac{1}{2}$ tilapia roja de Florida) en la zona Centro-Norte de Veracruz. In: Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias INIFAP; 2004; Veracruz (Veracruz) México; 2004:1-9.

53 Riego M. Comportamiento productivo y Heterosis retenida de una población sintética de tilapia ($\frac{1}{4}$ Rocky Mountain, $\frac{1}{4}$ *O. niloticus* y $\frac{1}{2}$ *O. mossambicus*) durante la etapa de engorda. (tesis de Licenciatura). México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México; 2005.

54 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: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2008.

55 Peña C, Garduño M, Muñoz G. 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. In: Dr. Manuel Corro Morales MVZ. Leticia Galindo Rodríguez, Dra. Rosa Elena Riaño Marín, editor. Día del Ganadero; 2008; Rancho "El Clarín" FMVZ-UNAM; 2008:32-33.

56 Google Earth: EUA Google Earth [computer program]. Versión 4.2.0205.5730 EUA; 2007.

57 Ruiz L. Reporte final de actividades realizadas durante la estancia en el módulo de producción acuícola del centro de enseñanza, investigación y extensión en ganadería tropical de la facultad de medicina veterinaria y zootecnia de la UNAM. D.F. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2006.

- 58 Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Mapa estatal de Veracruz. 2008. Available from: <http://dgp.sct.gob.mx/fileadmin/Atlas/veracruz.pdf>
- 59 Hulata G, Wholfarth G, Rothbard S. Progeny-testing selection of tilapia bloodstocks producing all-male hybrid progenies - preliminary results. *Aquaculture* 1983;33:263-268.
- 60 Pandian TJ, Sheela SG. Hormonal induction of sex reversal in fish. *Aquaculture* 1995;138:1-22.
- 61 Smith ES, Phelps RP. Reproductive Efficiency, Fry Growth, and Response to Sex Reversal of Nile and Red Tilapia. Auburn, USA: Department of Fisheries and Allied Aquacultures Auburn University. Report No. Interim Workplan, Africa Study 6.
- 62 Hiott AE, Phelps RP. Effects of initial age and size on sex reversal of *Oreochromis niloticus* fry using methyltestosterone. *Aquaculture* 1993;112:301-308.
- 63 Olvera M, Olivera L. Nutrición y alimentación de la Tilapia. Primer Curso Internacional de Producción de Tilapia. D.F. (D.F.) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México; 1996.
- 64 Brown L. *Aquaculture for veterinarians Fish Husbandry and Medicine*. Oxford: Pergamon press, 1993.
- 65 Pliego de condiciones para el uso de la marca oficial México Calidad Suprema en Tilapia 2006; México Calidad Suprema en Tilapia. Available from: [http://www.normex.com.mx/component/option,com_docman/Itemid,214/task,cat_vew/gid,28/](http://www.normex.com.mx/component/option,com_docman/Itemid,214/task,cat_view/gid,28/)

66. Garduño M. Selección genética de *Oreochromis niloticus* para producir poblaciones monosexo de color rojo [tesis de Doctorado]. Mérida (Yucatán) México: Centro de investigación y de estudios avanzados del instituto politécnico nacional unidad Mérida; 2003.
- 67 Hopher B, Pruginin y. Cultivo de peces comerciales. México D. F.: Limusa, 1985.
- 68 Abdel-Fattah M, El-Sayed. Tilapia culture. UK: CABI, 2005.
69. Secretaria-de-Pesca. Piscicultura de agua dulce. 1ª ed. México: Secretaria de pesca, 1986:461.
- 70 Morales DA. La tilapia en México, biología, cultivo y pesquerías. 1ª ed. México: AGT Editor, 1991.
- 71 SAS. institute inc SAS/STAT Users Guide Release (computer program) versión 6.03, Cary (NC) USA: SAS institute inc, 1988.
- 72 Zar JH. Biostatistical analysis. 2ª ed. New Jersey: Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1984.
- 73 Sokal RR, Rohlf FJ. Biometry. 3 ed. State University of New York: W. H. Freeman and Company publishes, 1998.
- 74 Velázquez MdC, Garduño-Lugo M, Muñoz-Córdova G. Heterosis y desempeño productivo en cruzamiento dialélico entre *Oreochromis niloticus* y *O. mossambicus*. In: XVIII Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz 2005. noviembre 2005; Boca del Río (Veracruz) México; 2005:5.
- 75 Jiménez F, Garza H, Segovia F, Galaviz L, Iruegas F, Adame J, et al. Parásitos y enfermedades de la tilapia. 2ª ed: Facultad de Ciencias Biológicas U.A.N.L.,1998.

- 76 Jiménez F, Galviz L, Segovia F, Garza H. Sanidad Acuícola: Manual Introductorio a la Sanidad Piscícola Facultad de Ciencias Biológicas U.A.N.L.; 1988.
- 77 Roberts RJ. Patología de los peces. España: Ediciones Mundi-Prensa, 1981.
- 78 Sumano H, Ocampo L. Farmacología Veterinaria. 3ª ed. México: McGraw-Hill, 2006.
- 79 della Roccaa G, Di Salvo A, Malvisia J, Sello M. The disposition of enrofloxacin in seabream (*Sparus aurata* L.) after single intravenous injection or from medicated feed administration. *Aquaculture* 2004;232:53–62.
- 80 Intorre L, Cecchini S, Bertini S, Cognetti AM, Varriale C, Soldani G, Mengozzi G. Pharmacokinetics of enrofloxacin in the seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture* 2000;182:49–59.
- 81 Xu Weihai, Zhu Xiaobin, Wang Xinting, Deng L, Zhang Gan. Residues of enrofloxacin, furazolidone and their metabolites in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 2006;254:1-8.
- 82 Garduño M. Selección Genética de *Oreochromis niloticus* para producir progenies monosexuales de color rojo. Primer curso internacional de producción de tilapia. México: D. F.: FMVZ - UNAM / UAM-1 / SEMARNAP; 1996:53-9.
- 83 Riego M. Comportamiento productivo y heterosis retenida de una población sintética de tilapia ($\frac{1}{4}$ Rocky Mountain, $\frac{1}{4}$ *O. niloticus* y $\frac{1}{2}$ *O. mossambicus*) durante la etapa de engorda. (tesis de Licenciatura). México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México; 2005.

84 Granados I. Crecimiento, rendimiento en filete y eficiencia económica de *Oreochromis niloticus* (gris) y el híbrido (rojo) *Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*, bajo sistema intensivo. México, DF: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México, 1999.