



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

COMPARACIÓN DEL DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE LA POBLACIÓN
SINTÉTICA DE TILAPIA ROJA PARGO-UNAM Y LA TILAPIA DEL NILO
GRIS BAJO CONDICIONES DE CULTIVO INTENSIVO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

P R E S E N T A

JOSÉ GUSTAVO RAMÍREZ PAREDES

ASESORES

DR. MARIO GARDUÑO LUGO

MPA. BIÓL. GERMÁN MUÑOZ CÓRDOVA



MÉXICO, DF

2009



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.

sentado aquí frente a este gigante esmeralda, respirando su fragancia y sintiendo en el rostro, la refrescante brisa que amaina un poco el reflejo que la arena me envía de este sol de verano, quiero decirte que

sentado aquí desde a esta imponente altura, sobre esta gigante gris, que aún con este frío invernal no se detiene ni un segundo y que justo ahora se comienza a iluminar por sí misma, quiero decirte que...

... quisiera que estuviéramos juntos, ese es mi sueño, estando aquí podríamos contemplar tomados de la mano estos y otros gigantes.

Este trabajo lo empecé a escribir el primero de septiembre del 2008, lo terminé el 31 de octubre del mismo año, sin duda alguna junto con la segunda quincena de agosto, de los días más difíciles de mi vida, si hubo algo por lo que a pesar de las adversidades nunca me di por vencido fue por ese sueño, nunca perdí la ilusión de que al terminar con esto ella volvería y entonces algún día podríamos estar juntos. En esos días tan difíciles nunca me dejaron solo.

CIERRO LOS OJOS Y ESTÁN CONMIGO

DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

Dios te agradezco de todo corazón, el haberme bendecido colocándome en la que es sin duda la mejor familia del mundo, además me has permitido gozar de una excelente salud durante toda mi vida y me has acompañado a lo largo de las pruebas del camino y como muestra de mi agradecimiento, te ofrezco el sacrificio y empeño que puse en terminar este trabajo.

A mis padres a quienes les debo la vida: Mamá desde que tengo uso de razón me has puesto el ejemplo de entrega y esfuerzo, me has enseñado a trabajar siempre dando lo mejor de mí y con tus acciones me has enseñado el amor absoluto por la vida. Papá con tu comprensión, tu inteligencia y tu dedicación me has enseñado a ser prudente, a respetar a los demás y tratar de ubicarme en el “justo medio”. Los dos me han dado las mejores herramientas para enfrentar la vida, sepan que siempre tengo presente los momentos que juntos hemos pasado para poder lograr este objetivo, desde que tú Mamá me arreglabas mi triciclo para no fallar en mi primer desfile escolar a los tres años, hasta que tú Papá me apoyaste sin miedo para imprimir esta tesis. ¿Recuerdan aquella primera visita que hicimos juntos los tres a la UNAM?, esa fue la primera vez que pude recorrer la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia cuando cumplí seis años, entonces ser “veterinario” era el sueño de un niño que entraba a primaria. Me llena de orgullo ser su hijo, a su lado nunca me ha faltado nada. Los amo.

Recé y lo logré. A la doctora Jessica Recillas Ducker (el amor de mi vida y mi futura esposa): quiero agradecerte, por haberte fijado en mí y por permitirme crecer y madurar a tu lado durante estos nueve años. Tú eres la otra parte del sueño, el otro motor que me impulsa a cumplir mis objetivos y no alcanzaría la eternidad para terminar de escribir cuánto te amo. Te dedico y te entrego este trabajo como muestra del inmenso amor que siento por ti, sabes que va junto con el anillo de compromiso. Diario doy gracias a Dios y a la vida por estar a tu lado, y no lo olvides “esto es sólo el inicio”.

Iván Paredes Aguilar (mi primo): gracias por haberme apoyado siempre que lo he necesitado, gracias por tu palabra, tu audacia tus consejos y tu aguante. Primo: quiero que sepas que tú para mí eres ejemplo de admiración y respeto.

A Gabby (mi hermana): gracias por quererme y aguantarme durante 25 años, te quiero mucho y si algún día me necesitas estaré ahí para apoyarte, te deseo lo mejor en todos los proyectos que has iniciado. Termina pronto esa tesis.

No hubiera logrado llegar hasta aquí sin los cuidados de mi abuelita Coty y mi tío Pepe, les dedico este trabajo y quiero que sepan que todo el esfuerzo y empeño que pusieron en mí cuando era pequeño valieron la pena y creo que ahora que finalmente podemos decir “lo hemos logrado” tenemos que estar muy contentos. Los quiero mucho.

Abuelita María de Jesús Ledesma: gracias por las oraciones que siempre haces por la familia y por mí, quiero que sepas que cuando salgo de viaje siempre me siento seguro porque sé que tú, siempre te acuerdas y le pides a Dios que me cuide y me proteja. Gracias abuelita Chuy.

Y por su puesto también quiero agradecer a mis amigos-hermanos, Germán, Víctor y José Luis los “Pays” porque desde que los conocí me han brindado su amistad sincera y apoyo incondicional, sé que cuento con ustedes y que ustedes saben que cuentan conmigo. CCVPAYS

Gracias a la Universidad Nacional Autónoma de México, simplemente la mejor, quien a través de su Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia me recibió y me formó como profesionalista y a quien le debo el mayor tesoro que puede poseer el ser humano: “la educación”.

Un gran amigo, eso es el Doctor Mario Garduño a quien quiero agradecerle la paciencia y los consejos que siempre me ha dado. Usted me enseñó que las cosas que más trabajo y tiempo cuestan son las que más valen la pena.

Su orientación y consejos Biólogo Germán, fueron fundamentales para el desarrollo de este proyecto, muchísimas gracias por su amistad y enseñanzas. A usted y al Doc les debo el haber rescatado en mí el interés por los animales acuáticos y por la investigación. Gracias por haberme permitido ser parte de este proyecto.

También agradezco al Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical, reconocido como “El Clarín”, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM y a todo su personal, académicos (por sus correcciones en los seminarios) y trabajadores (por mantenerlo muy arreglado). Especialmente a su actual director técnico el Dr. Manuel Corro por haberme brindado el apoyo en cuestiones como: trámites, hospedaje e instalaciones.

Al Centro Acuícola y Turístico “La Presa”, al señor José Reza y al Doc Mario, por las facilidades otorgadas en cuanto al uso de sus instalaciones para la realización del proyecto, y a todas las personas que trabajaron ahí cuando estuve por allá, muy en especial a Chepe “terron” y don Amado mis amigos, por haber cuidado de “mis hijos” cuando tuve que ausentarme, también por echarme la mano con los pesajes y por sus consejos.

Voy a agradecer sin mencionar a todos por cuestiones obvias, a mis compañeros “residentes” con los que conviví durante año y medio en “El Clarín”, por la amistad y el apoyo que me dieron. Recordaré siempre, entre otras cosas, cuando todos me ayudaron a armar la segunda tanda de jaulas flotantes y cuando hacíamos esas expediciones a las junglas y playas veracruzanas. En especial le agradezco a Erick y Axel los “Pipopos” de Tulancingo y a César quienes con sus palabras me ayudaron a no dejarme caer en la recta final del trabajo. Erick: gracias por tu regaños. César: gracias por acompañarme a filetear hasta las 4:30 de la mañana.

Oí su relajo una vez y decidí quedarme para siempre, los “Citrorebel’s”o la “Rebel Martínez”: gracias a ustedes me sentí como en casa, ahora sé que hay algo tan bueno como ir a CU a ver a los Pumas... ir a verlos a Martínez. Los mejores guías de “Ciudad Limón” y sus alrededores, realmente creo que no hubo un solo “hueco” que me faltara conocer, gracias.

A Martilapia, Cuau, Paco, Yuli, Ana y Adriana los “Pesqueiros”, compañeros tesistas del proyecto de Validación del Pargo-UNAM: y a todos los estudiantes de prácticas acuícolas que en su momento aportaron algo al trabajo de campo o a las degustaciones semanales. Y a mi amiga Maricela por la edición de las fotos, si te gustó su trabajo: mlralfa@hotmail.com

A Fondos Mixtos (FOMIX) Gobierno del gobierno del estado de Veracruz - Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Por otorgar una beca para la realización de esta tesis con el proyecto: 37487.

Intenta hacer de cada frase tuya, una tesis.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Página
ÍNDICE DE CUADROS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1.0 INTRODUCCIÓN	3
2.0 REVISIÓN DE LITERATURA	6
2.1 Historia del cultivo de tilapia	6
2.2 Desempeño productivo de la tilapia del Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	10
2.3 Poblaciones sintéticas	14
2.4 Desempeño productivo de híbridos de tilapia	19
3.0 HIPÓTESIS	22
4.0 OBJETIVOS	23
4.1 Objetivo general	23
4.2 Objetivos específicos.....	23
5.0 MATERIALES Y MÉTODOS	25
5.1 Localización de la granja piscícola “La Presa” y del CEIEGT	25
5.2 Fuente de agua de la granja piscícola “La Presa” y del CEIEGT.....	26
5.3 Grupos genéticos utilizados en el estudio	28
5.3.1 Pargo-UNAM	30
5.3.2 <i>Oreochromis niloticus</i>	30
5.4 Reproducción y obtención de crías.....	31
5.5 Etapa de Crianza 1	32
5.5.1 Alimentación	34
5.5.2 Variables fisicoquímicas del agua	35
5.6 Etapa de Crianza 2.....	37
5.6.1 Alimenatación.....	37
5.6.2 Variables fisicoquímicas del agua	38
5.7 Etapa de Preengorda	39
5.7.1 Alimentación	40
5.7.2 Variables fisicoquímicas del agua	40

5.8 Etapa de Engorda.....	41
5.8.1 Alimentación	42
5.8.2 Variables fisicoquímicas del agua	43
5.8.3 Sacrificio y remoción del filete	43
5.9 Determinación de los rasgos productivos.....	45
5.9.1 Supervivencia	45
5.9.2 Rendimiento en filete	46
5.9.3 Índice de conversión alimenticia	46
5.9.4 Ganancia diaria de peso.....	47
5.9.5 Porcentaje de peso ganado.....	47
5.9.6 Tasa específica de crecimiento	48
5.10 Diseño experimental y análisis estadístico	48
6.0 RESULTADOS	50
6.1 Rasgos productivos en la etapa de Crianza 1	50
6.1.1 Supervivencia	51
6.1.2 Peso final	52
6.1.3 Índice de conversión alimenticia	53
6.2 Rasgos productivos en la etapa de Crianza 2	54
6.2.1 Supervivencia	55
6.2.2 Peso final	56
6.2.3 Índice de conversión alimenticia	57
6.3 Rasgos productivos en la etapa de Preengorda.....	58
6.3.1 Supervivencia	59
6.3.2 Peso final	60
6.3.3 Proporción de hembras y machos al término de la Preengorda.....	61
6.3.4 Índice de conversión alimenticia	61
6.4 Rasgos productivos en la etapa de Engorda	62
6.4.1 Supervivencia	64
6.4.2 Peso final	65
6.4.3 Distribución de pesos finales.....	66
6.4.4 Rendimiento en filete	67
6.5 Ritmo de crecimiento durante el cultivo.....	68

7.0 DISCUSIÓN	69
7.1 Supervivencia en la etapa de Crianza 1	69
7.2 Supervivencia en la etapa de Crianza 2	70
7.3 Supervivencia en la etapa de Preengorda	71
7.4 Supervivencia en la etapa de Engorda.....	72
7.5 Peso final al término de la etapa de Crianza 1.....	72
7.6 Peso final al término de la etapa de Crianza 2.....	73
7.7 Peso final al término de la etapa de Preengorda.....	74
7.8 Peso final al término de la etapa de Engorda.....	75
7.9 Índice de conversión alimenticia en la etapa de Crianza 1	77
7.10 Índice de conversión alimenticia en la etapa de Crianza 2.....	77
7.11 Índice de conversión alimenticia en la etapa de Preengorda	78
7.12 Porcentaje de machos al término de la Preengorda	79
7.13 Rendimiento en filete de los cuatro tratamientos	80
8.0 CONCLUSIONES	81
9.0 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	Página
Cuadro 1. Peso promedio de los reproductores de ambos grupos genéticos.....	32
Cuadro 2. Peso y talla promedio de las crías al iniciar la etapa de Crianza 1	33
Cuadro 3. Análisis químico proximal del alimento suministrado a crías de Pargo-UNAM y <i>Oreochromis niloticus</i> en la primera mitad de la etapa de Crianza 1	34
Cuadro 4. Análisis químico proximal del alimento suministrado a crías de Pargo-UNAM y <i>Oreochromis niloticus</i> en la segunda mitad de la etapa de Crianza 1	35
Cuadro 5. Frecuencia y método o instrumento con que se midieron las variables fisicoquímicas del agua durante las cuatro etapas experimentales.....	36
Cuadro 6. Variables fisicoquímicas del agua en la etapa de Crianza 1 de Pargo-UNAM y <i>Oreochromis niloticus</i>	36
Cuadro 7. Análisis químico proximal del alimento suministrado a crías de Pargo-UNAM y <i>Oreochromis niloticus</i> en la etapa de Crianza 2.....	37
Cuadro 8. Variables fisicoquímicas del agua en la etapa de Crianza 2.....	38
Cuadro 9. Análisis químico proximal del alimento suministrado a juveniles de Pargo-UNAM y <i>Oreochromis niloticus</i> en la etapa de Preengorda.....	40
Cuadro 10. Variables fisicoquímicas del agua en la etapa de Preengorda de juveniles de Pargo-UNAM y <i>Oreochromis niloticus</i>	41
Cuadro 11. Análisis químico proximal del alimento suministrado a hembras y machos de Pargo-UNAM y <i>O. niloticus</i> en la etapa de Engorda	42
Cuadro 12. Variables fisicoquímicas del agua en la etapa de Engorda.....	43
Cuadro 13. Rasgos productivos de Pargo-UNAM y <i>Oreochromis niloticus</i> en la etapa de Crianza1	50
Cuadro 14. Rasgos productivos de Pargo-UNAM y <i>Oreochromis niloticus</i> en la etapa de Crianza2.....	54
Cuadro 15. Rasgos productivos de Pargo-UNAM y <i>Oreochromis niloticus</i> en la etapa de Preengorda.....	58
Cuadro 16. Porcentaje de hembras y machos de cada grupo genético.....	61
Cuadro 17. Rasgos productivos de los cuatro tratamientos en la etapa de Engorda.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras	Página
Figura 1. Mapa satelital con la localización de la granja piscícola “La Presa” en Martínez de la Torre Veracruz	26
Figura 2. Sistema de recirculación del Área de Crianza del CEIEGT	27
Figura 3. Cauce del río María de la Torre, fuente de agua de la granja piscícola “La Presa”	27
Figura 4. Pargo-UNAM.....	29
Figura 5. Tilapia del Nilo gris	29
Figura 6. Serie de estanques para la reproducción de tilapia en la granja piscícola “La Presa”	31
Figura 7. Crías de Pargo-UNAM y <i>Oreochromis niloticus</i> al inicio de la Crianza 1	33
Figura 8. Ubicación de las ocho jaulas dentro de un canal de concreto de la granja piscícola “La Presa” para la etapa de Preengorda y Engorda de Pargo-UNAM y <i>Oreochromis niloticus</i>	39
Figura 9. Procedimiento para la obtención del filete de una tilapia	44
Figura 10. Supervivencia del Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo gris al término de la etapa de Crianza 1	51
Figura 11. Peso Final del Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo gris al término de la etapa de Crianza 1.....	52
Figura 12. Índice de conversión alimenticia del Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo gris al término de la etapa de Crianza 1	53
Figura 13. Supervivencia del Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo gris al término de la etapa de Crianza 2.....	55
Figura 14. Peso final del Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo gris al término de la etapa de Crianza 2.....	56
Figura 15. Índice de conversión alimenticia del Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo gris al término de la etapa de Crianza 2	57
Figura 16. Supervivencia del Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo gris al término de la etapa de Preengorda	59
Figura 17. Peso final del Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo gris al término de la etapa de Preengorda.....	60

Figura 18. Índice de conversión alimenticia del Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo gris al término de la etapa de Preengorda.....	62
Figura 19. Supervivencia de los cuatro tratamientos al término de la etapa de Engorda.....	64
Figura 20. Peso final de los cuatro tratamiento al término de la etapa de Engorda	65
Figura 21. Distribución de los pesos finales de los machos de ambos grupos genéticos al término de 348 días de cultivo.....	66
Figura 22. Distribución de los pesos finales de las hembras de ambos grupos genéticos al término de 348 días de cultivo.....	66
Figura 23. Rendimiento en filete de los cuatro tratamientos al término de la etapa de Engorda.....	67
Figura 24. Ritmo de crecimiento de los cuatro tratamientos de tilapia a lo largo del experimento	68

RESUMEN

RAMÍREZ PAREDES JOSÉ GUSTAVO. Comparación del desempeño productivo de la población sintética de tilapia roja Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo gris bajo condiciones de cultivo intensivo. (Dirigida por: Dr. Mario Garduño Lugo y MPA Germán Muñoz Córdova).

Se comparó el desempeño productivo de la tilapia roja “Pargo-UNAM” (½ tilapia roja de Florida, ¼ tilapia del Nilo roja y ¼ tilapia Rocky Mountain) (PU) y la tilapia del Nilo tipo silvestre (*Oreochromis niloticus*) (NG), en las etapas: Crianza 1 (30 días), Crianza 2 (117 días), Preengorda (73 días) y Engorda (122 días). Los rasgos evaluados fueron: supervivencia (SUP), peso final (PF), rendimiento en filete (RF) e índice de conversión alimenticia (ICA). En la Crianza 1 se colocaron por cuadruplicado 900 crías de cada grupo en tinas de polietileno, habilitadas con recirculación de agua. En las mismas unidades, inició la Crianza 2 con 440 peces por tina. Para la Preengorda, se tomaron 220 peces de la Crianza 2 y ubicaron en ocho jaulas flotantes de 1m³. En la Engorda, se aumentaron a 16 las jaulas para ubicar en cada una 40 peces de cada sexo y grupo genético. Los pesos iniciales (PI) fueron de: 0.07g y 0.06g para PU y NG respectivamente. Los PF al término de la Crianza 1 fueron similares ($P>0.05$) de 1.50g para PU y de 1.39g para NG. En Crianza 2, el PU y la NG tuvieron PF similares de 36.6g y 36.5g en el mismo orden. En la Preengorda, el PF para el PU fue de 159.0g, siendo mayor ($P<0.05$) al de NG (126.2g). En Engorda los PI fueron de: 231.6g y 177.4 para machos y hembras de PU respectivamente, mientras que para NG fueron de: 214.9g y 133.3g en el mismo orden. Los PF entre machos fueron similares, 623.4g para PU y 650.1g para NG, superiores a los de las hembras, en cambio el PF entre hembras, fue superior para PU (435.4g), que NG (323.6g). La supervivencia (SUP) en las etapas de Crianza 1, Preengorda fueron similares para PU y NG, de: 61.4% y 63.2%; 99.4% y 99.7% respectivamente. En la Crianza 2, PU presentó una SUP de 87.8%, inferior a NG de 96.4%. En la etapa de Engorda fue similar para hembras y machos de PU y NG, de: 96.9% para PU♂, 99.3% para PU♀, 98.1% para NG♂ y 98.8% para NG♀. El ICA en Crianza 1 y Preengorda fue similar entre PU (1.32) y NG (1.44) y 1.28 y 1.50 respectivamente. En la Crianza 2 PU presentó mayor ICA (2.41) que NG (1.44). El rendimiento en filete fue similar entre tratamientos: 32.8% para PU♂, 32.8% para PU♀, 33.2% para NG♂ y 34.0% para NG. PU es un nuevo grupo de tilapia con buenas posibilidades de cultivo.

ABSTRACT

RAMÍREZ PAREDES JOSÉ GUSTAVO. Growth comparison between the red synthetic tilapia Pargo-UNAM and the wild type Nile tilapia, under intensive culture conditions (Directed by: Dr. Mario Garduño Lugo and MPA Germán Muñoz Córdoba).

The performance between the red tilapia “Pargo-UNAM” (½ Florida red tilapia, ¼ red Nile tilapia and ¼ tilapia Rocky Mountain) (PU) and wild type Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) (NG), during the stages: Fry 1 (30 days), Fry 2 (117 days), Pre-growth out (73 days) and Growth out (122 days), was compared. The trials evaluated were: survival (SUP), final weight (PF), fillet rate (RF) and feed conversion ratio (ICA). In Fry 1 were sorted 900 fry per genetic group in each of four plastic tanks installed into a recirculation water system. In the same tanks, began the Fry 2 stage with 440 fishes in each one. For the Pre-growth out stage, 220 fishes were taken from the corresponding Fry 2 tanks and were sorted into each of 1m³ eight floating cages. For the Growth out period, the number of cages was completed to sixteen, to sort in each one of them 40 fishes of each sex and genetic group. The initial body weights (PI) were: 0.07g and 0.06g for PU and NG respectively. At the end of the Fry 2 stage, the PF were similar ($P>0.05$) of 1.50g for PU and 1.39g for NG. In Fry 2, PU and NG showed similar PF, 36.6g and 36.5g respectively. For the Pre-growth out the PF of PU was 159.0g, higher ($P<0.05$) than NG (126.2g). For the Growth out stage the PI were: 231.6g and 177.4 for males and females of PU respectively and for NG were: 214.9g and 133.3g in the same order. At the end of the Growth out stage PF (Fig. 1) between males were similar, 623.4g (PU) and 650.1g (NG), higher than those exhibited by the females. In the case of females, the PF was higher ($P<0.05$) for PU of 435.4g (PU) than NG (323.6g). The SUP in Fry 1 and Pre-growth out stages, was similar between PU and NG: 61.4% and 63.2%; 99.4% and 99.7% respectively. In Fry 2 PU showed a SUP of 87.8%, lower than NG (96.4%). For the Growth out step, the SUP was similar between females and males PU and NG: 96.9% (PU♂), 99.3% (PU♀), 98.1% (NG♂) and 98.8% for NG♀. The ICA in Fry 1 and Pre-growth out was similar for PU (1.32) and NG (1.44), 1.28 and 1.50 respectively. In Fry 2 stage, PU had better ICA (2.41) than NG (1.44). Finally, fillet rate were similar among the four treatments compared: PU♂ (32.8%), PU♀ (32.8%), NG♂ (33.2%) and 34.0% for NG♀. According with our results, PU could be a new red tilapia with good possibilities in commercial tilapia culture.

1. INTRODUCCIÓN

La producción de tilapia a nivel mundial ha aumentado considerablemente cada año, en 1990 fue de 830, 000 toneladas, en 1999 se duplicó a 1.6 millones de toneladas, y en el 2005 superó los 2.5 millones de toneladas, de los cuales el 80 % fue producto de cultivo y el resto de captura. Se estima que para el 2010 se alcancen los 3.5 millones de toneladas de tilapia y que el número de explotaciones siga en aumento por lo que en un futuro cercano la tilapia cultivada se consolidará como el primer producto en importancia en la acuicultura mundial.¹

Entre 1982 y 1986 México ocupó el primer lugar mundial como país productor de tilapia con una producción anual de 60, 200 toneladas por año, esto debido a la adaptación que tuvieron a las zonas principalmente tropicales de nuestro país, ubicadas en estados de la república como: Oaxaca, Tabasco, Chiapas, Michoacán, Veracruz, Sinaloa, Puebla y Morelos. Posteriormente entre 1987 y 1991 pasó a ocupar el tercer lugar con 78,800 toneladas anuales, después de Filipinas y Uganda. En ese mismo periodo China ocupó el cuarto lugar con tan solo mil toneladas menos que México (77,000) sin embargo para el año siguiente duplicó su producción a 157, 200 toneladas.² Actualmente casi la mitad de la producción mundial de tilapia (46%) proviene de China.¹

Entre 1991 y 2001 en México el promedio anual de producción de tilapia, fue de 85,462 toneladas al año,³ lo que significa un rezago importante y pone en evidencia el estancamiento en que ha caído la tilapicultura de nuestro país en los últimos 20 años, situación que debe revertirse lo antes posible.

Una de las posibilidades que se tiene actualmente para aumentar la productividad de las granjas es la mejora genética de las especies de cultivo, esto llevó en primera instancia a la ubicación y selección de líneas aisladas de una misma especie principalmente de la tilapia del Nilo de color gris *Oreochromis niloticus*, después se buscó la generación de híbridos simples a partir del cruzamiento de dos distintas especies, y por último se emplearon tanto líneas aisladas, como híbridos para generar poblaciones sintéticas.

A finales de la década de los ochentas en el 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), se dio inicio a un programa de mejora genética de tilapias rojas, basado en sistemas de selección y cruzamientos, con el que después de más de 15 años de investigación se logró generar la primer población sintética de tilapia roja mexicana.⁴

A esta nueva población se le dio el nombre de Pargo-UNAM y a diferencia de otras poblaciones compuestas se buscó que fuera de color rojo con la intención de abrir un nuevo nicho de mercado, ya que actualmente no hay una tilapia roja que supere o iguale en crecimiento a la tilapia gris *O. niloticus*.

A escala experimental El Pargo-UNAM mostró un alto porcentaje de heterosis retenida en peso final por lo que su crecimiento fue similar al grupo genético tri-híbrido del cual provino, además presentó un mayor crecimiento que las tilapias rojas: *O. mossambicus*

y *O. niloticus*, y un eficiente desempeño productivo, en variables como supervivencia, rendimiento en filete e índice de conversión alimenticia.^{4,5,6}

Con base en estos hallazgos se hace necesario llevar a cabo estudios que permitan evaluar a dicha población en diferentes sistemas comerciales de producción, bajo las condiciones prevalecientes dentro del sector productivo comparándola con líneas de *O. niloticus*, que es la especie que más se cultiva a nivel mundial¹ debido a su rápido crecimiento.

2.0 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Historia del cultivo de tilapia

El grupo de peces llamado tilapia también conocidas en México como “mojarras” está conformado por más de 60 especies, de las cuales diez son aprovechadas como alimento en el consumo humano. Los primeros registros en cuanto su cultivo provienen de una tumba egipcia construida hace 4,000 años, sin embargo fue hasta principios del siglo XX, cuando se comenzó a despertar el interés por ellas, lo que promovió el inicio de su cultivo e investigación. Durante las siguientes décadas la producción de tilapia estuvo confinada a África y los valles de Jordania, lugares de donde son originarias, fue hasta los 50's cuando se comenzaron diseminar por todo el mundo.⁷

En esos tiempos la mayoría de las tilapias eran capturadas de manera artesanal en ríos, lagos, lagunas, esteros, embalses y microembalses. Entonces se les despreciaba por su aspecto gris, tamaño relativamente pequeño y el sabor a lodo que les confería su alimentación natural basada en hongos ficomicetos y algas verdeazules.⁸

Actualmente, ya no se consideran peces de bajo valor económico pues al ser la mayor parte producto de cultivos se les ha ido relacionando con atributos que adquieren al ser engordadas con alimentos balanceados y en condiciones controladas, como la firmeza y el color blanco de su carne, olor ligero y sabor delicado, mayor talla y peso al momento de consumo. Además presentan características especiales como su bajo contenido en sodio y

en lípidos totales, lo que las hace apetecibles a un cada vez mayor número de consumidores.^{9,10}

La mayor parte de la producción de tilapia en el mundo la aportan tres especies: *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis mossambicus* roja y *Oreochromis aureus*, la primera conocida también como tilapia del Nilo gris o tipo silvestre, es la más cultivada debido a su rápido crecimiento y actualmente representa aproximadamente el 80 % del total de la producción a nivel mundial.¹

En México la primera introducción de tilapias se realizó el 10 de julio de 1964 mediante la importación a la Estación Piscícola de Temascal Oaxaca, de las especies *O. aureus*, *O. mossambicus* gris y *Tilapia rendalli* provenientes de la Universidad de Auburn, Alabama, EUA, sin embargo es hasta 1970 cuando se empieza a recabar información sobre la producción de tilapia en el país.¹¹

En 1978 se introdujo de Panamá la tilapia del Nilo gris (*O. niloticus*) en el mismo sitio. En 1981 provenientes de Florida EUA, se traen al país las tilapias rojas *O. mossambicus* roja y *O. urolepis hornorum*, estas se depositaron en los centros acuícolas de Zacatepec y El Rodeo en Morelos. En 1986 nuevamente se hace otra introducción de la tilapia del Nilo gris, pero ahora procedente de la Universidad de Stirling en Escocia y además se incluye una variedad roja, llevándose al Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV) unidad Mérida del Instituto Politécnico Nacional (IPN), desde ahí fueron distribuidas a varios centros acuícolas del país.¹²

Sin embargo en México y en todo el mundo se comenzó a observar que el crecimiento de *O. niloticus* siempre era superior al de las demás tilapias, por lo tanto se comenzaron a buscar y a utilizar “líneas mejoradas” de esta especie, es decir ejemplares adaptados a un determinado ambiente, como ejemplo están las líneas Tabasco¹³, Bouaké¹⁴ o Chiltrada¹⁴.

Buscando igualar esta producción de esta especie y de sus líneas se generaron híbridos simples cruzando dos o más especies, como ejemplo están la tilapia roja de Florida, proveniente del cruzamiento de *O. urolepis hornorum* con *O. mossambicus* y la tilapia roja taiwanesa producto de la cruce entre *O. mossambicus* y *O. niloticus*.^{3,15} De esta misma forma se obtuvieron tri-híbridos y tetra-híbridos, pero en general el desempeño productivo alcanzado por todos ellos no ha sido el deseado, en todas se han empleado tilapias de color rojo que crecen significativamente menos que la tilapia del Nilo gris (*O. niloticus*)¹⁶ siendo este el probable motivo de dichos resultados.

Posteriormente en Asia se usaron algunas de estas líneas e híbridos como base de poblaciones sintéticas nuevas, esto es cruzando varias líneas de una misma especie entre si y/o con otras poblaciones y seleccionando a la mejor población generada de estos cruces.

Un ejemplo de esto es la población llamada “tilapia mejorada genéticamente para granja” (GIFT) por sus siglas en inglés. Esta se obtuvo en su primera etapa, seleccionando a

lo mejor de ocho distintas líneas de *O. niloticus*¹⁷, y en etapas posteriores del cruzamiento de esta selección.¹⁸

Esta tilapia fue creada en Filipinas para mejorar la producción de las granjas asiáticas en donde desde su creación y durante su evolución (selección a través de varias generaciones) ha tenido gran aceptación pues los estudios demuestran que ha igualado e inclusive en algunos casos ha superado a las líneas simples de *O. niloticus*.^{19, 20}

Desde la creación de la tilapia GIFT muchos centros de investigación se dieron a la tarea de aplicar programas de selección genética para mejorar la producción de las granjas de sus regiones. Algunos se enfocaron en producir líneas de reproductores que al cruzarse generaran poblaciones con un alto porcentaje de machos (mayores al 95 %), pues en las tilapias, las hembras tienen un crecimiento significativamente menor que los machos, a estas poblaciones se les llamó “tilapias genéticamente machos” (GMT)^{21, 22, 23, 24, 25} por sus siglas en inglés. Otro ejemplo de estas investigaciones se dio en el Centro de Acuicultura de Agua Dulce de Filipinas, ahí se desarrolló la “Freshwater Aquaculture Center Selected Tilapia” (FaST).^{26, 27} Al igual que la GIFT, estas dos poblaciones han tenido un buen desempeño productivo, sin embargo no se puede olvidar que al haber sido obtenidas de líneas de *O. niloticus* su color sigue siendo gris, además su disponibilidad está muy limitada a las granjas de aquella región del mundo.

En México, la UNAM a través de su Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, desarrollo la población sintética de tilapia roja Pargo-UNAM, la cual se obtuvo a partir de un tri-híbrido interespecífico (es decir que en su obtención participaron tres distintos grupos genéticos de tilapia) y fue desarrollada en el estado Veracruz por investigadores de dicha facultad. Su composición genética quedó integrada de la siguiente forma: *O. niloticus* variedad roja (25 %), tilapia Rocky Mountain (25 %) y tilapia roja de Florida (50 %).^{4,5}

2.2 Desempeño productivo de la tilapia del Nilo (*O. niloticus*)

Esta es la especie que más se ha producido en el mundo en los últimos 15 años,¹ debido al buen desempeño productivo que ha mostrado en relación a otros grupos genéticos de tilapia ya sea como especie o formando parte de un híbrido. Algunos trabajos que muestran tales evidencias se mencionan a continuación.

Eguiar y colaboradores,²⁸ realizaron estudios en estanques de concreto y rústicos, en los primeros *O. niloticus* tipo silvestre mostró mayor peso final (37 g) en comparación con *O. mossambicus* (31 g). Además esta 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,²⁹ evaluaron el crecimiento de *O. niloticus* (gris), *O. mossambicus* roja y su híbrido en la fase de engorda (153 días), al término del experimento los pesos más altos los obtuvieron el híbrido (276.4 g) y *O. niloticus* (239.6 g); *O.*

mossambicus obtuvo el peso más bajo (186.6 g.). La ganancia diaria de peso fue para *O. niloticus* de 1.27 g/día, para el híbrido 1.37 g/día y para *O. mossambicus* de 0.91 g/día. La supervivencia fue aceptable para todos los grupos genéticos, de 87.5 a 100 %.

Siddiqui y Al-Harbi ³⁰ evaluaron durante 397 días 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* (189 g), el cual fue similar a *O. niloticus* (179 g) y a *O. aureus* (166 g), dichos grupos genéticos fueron superiores a *O. mossambicus* roja (97 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 los rasgos: crecimiento, conversión alimenticia, eficiencia reproductiva y supervivencia.

Leao y colaboradores ¹⁶ compararon el desempeño productivo entre *O. niloticus* y 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 tilapia roja (116.9 g).

Kamal y colaboradores, ³² 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/l) con respecto a *O. mossambicus* y al híbrido (*O. niloticus* x *O. mossambicus*), los cuales fueron superiores en agua con mayor salinidad.

Aparecida y colaboradores ³³ realizaron un estudio comparativo entre *O. niloticus* de las líneas Chitralada y Stirling roja, la cruce Chitralada x Stirling roja, su cruce recíproca y un tetra híbrido de Israel ND-56 durante 268 días. Los mejores pesos finales fueron para la línea Chitralada (557.2 g) y para el híbrido Chitralada x Stirling roja (522.9 g), seguidos del híbrido Stirling rojo x Chitralada (496.4 g) y la línea Stirling roja (421.9 g). El menor peso final fue para el tetra híbrido de Israel ND-56 (282.6 g). La supervivencia fue de 92 a 99 % en todos los grupos y la conversión alimenticia fue de 0.8 a 1.

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

Landa y sus colaboradores ³⁵ compararon en la etapa de crianza (140 días) el crecimiento de dos líneas rojas de tilapia: *O. niloticus* y *O. mossambicus*. Estos autores no encontraron diferencias en los pesos finales entre *O. niloticus* (58.8 g) y *O. mossambicus*

(44.9 g) ni en el índice de conversión alimenticia que fue de 1.8 para las dos especies. La supervivencia tampoco fue diferente, de 95 % para *O. niloticus*: y 91.3 % para *O. mossambicus*.

Sánchez y colaboradores, ³⁶ compararon el crecimiento de dos líneas rojas de tilapia: *O. niloticus* y *O. mossambicus*. Al término del cultivo que duró 90 días se obtuvieron pesos finales de 50.0 g y 43.2 g para *O. niloticus* y *O. mossambicus* respectivamente, siendo similares. Reportaron supervivencias de 96 % y 90 %. La conversión alimenticia fue de 0.98 y 1.27 en el mismo orden.

Garduño y colaboradores, ³⁷ 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. Las supervivencias fueron de 100 % y 95 % en el mismo orden, sin diferencias entre ambos. La conversión alimenticia fue de 2.0 en (*O. niloticus*) y 2.8 en (*O. mossambicus*), siendo diferentes.

Alonso y González ³⁸ realizaron un estudio comparativo entre *O. niloticus* de tipo silvestre y *O. aureus* blanca, en la etapa de crianza y engorda con una duración de 12 meses, observando una superioridad en *O. niloticus* (254.5 g) con respecto a *O. aureus* (164.0 g).

Muñoz y Garduño ³⁹ evaluaron cuatro fenotipos de *O. niloticus*: pinto, gris, rojo y rosa, durante las fases de crianza (70 días) y engorda (135 días). En las dos etapas los peces de coloración rosa obtuvieron un peso final menor (33.6 g crianza y 153.5 g engorda) que las demás coloraciones. Los pintos alcanzaron los siguientes pesos: 46.6 g y 242.6 g, los peces grises: 41.8 g y 222.1 g y los rojos: 41.1 g y 199.2 g al final de las etapas de crianza y engorda respectivamente. En la etapa de crianza estos tres fenotipos mostraron un crecimiento similar, mientras que en la etapa de engorda los peces pintos tuvieron un mayor crecimiento que los peces rojos, el fenotipo gris fue similar en crecimiento a los peces pintos y rojos. La supervivencia en la etapa de crianza fue del 83 a 91% sin existir diferencias, mientras que en la engorda fue del 100 % en todos los fenotipos.

Johansen ⁴⁰ comparó el crecimiento entre *O. niloticus* roja y gris en 123 días y observó que la tilapia del Nilo de color rojo presentó un mayor crecimiento que la línea de color gris (342.2 g y 306.76 g respectivamente), la supervivencia fue del 95 % al 97 % en ambas líneas, considerándose aceptable. Sin embargo, cabe mencionar que el color rojo 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, de acuerdo a la descripción de colores de tilapia presentada por McAndrew y colaboradores. ⁴¹

2.3 Poblaciones sintéticas

Una población sintética es obtenida a partir de dos o más razas, líneas o especies y están diseñadas con el objetivo de hacer uso de la heterosis retenida, sin tener que realizar

cruzamientos entre los diferentes grupos genéticos participantes cada vez que se requieran nuevos especímenes.³ En la acuicultura, algunos autores han hecho uso de esta herramienta, con el fin de obtener poblaciones nuevas de peces capaces de aumentar la productividad en granjas.

Bentsen y colaboradores,¹⁸ realizaron un cruzamiento dialélico completo con ocho grupos genéticos de *O. niloticus*, provenientes de Egipto, Ghana, Kenia, Senegal, Filipinas, Singapur, Tailandia y Taiwán. Las progenies de estos cruzamientos fueron cultivadas por 90 días, el peso inicial de los peces fue de 3 a 5 g. Al término del cultivo se obtuvo el peso menor en *O. niloticus* proveniente de Ghana (37.3 g) y el peso mayor final fue para el híbrido Egipto x Kenia (54.8 g). Los demás cruzamientos estuvieron en un rango de 40 a 52 g. Este híbrido (Egipto x Kenia), se consideró como la primera generación de la población de tilapia mejorada genéticamente para granja (GIFT).

Wing-Keong y colaboradores⁴² 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, 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 proteína cruda y de 65.58 g para el tratamiento de 35 % de proteína cruda. 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 proteína cruda. La población híbrida fue similar con los diferentes niveles de proteína en la dieta, esto quiere decir que no les beneficia o perjudica un cambio en el aporte de proteína, sin embargo con la población 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 alimenticia, como sucede con algunos híbridos, que a mayor aporte de proteína menor eficiencia en conversión alimenticia.

Ridha y colaboradores ²⁷ realizaron un estudio donde compararon tres líneas genéticas de tilapia entre ellas la tilapia seleccionada del Centro de Acuicultura de Agua Dulce de Filipinas (FaST), la tilapia GIFT y una línea local no seleccionada genéticamente de tipo silvestre. 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 no seleccionada, con los siguientes valores 394.4 g, 366.3 g, y 253 g respectivamente. En cuanto a la supervivencia no hubo diferencias entre los distintos grupos genéticos: FaST con 99.2 % y GIFT y no seleccionada 100 %. Para el índice de conversión alimenticia los valores fueron de 1.6, 1.2, y 1.1 para la no seleccionada, GIFT y FaST respectivamente.

Ridha y colaboradores, ⁴³ realizaron un cultivo de 104 días, con dos densidades y tres grupos genéticos de tilapia: *O. niloticus* no mejorada genéticamente (NS), GIFT y FaST, los pesos al término del cultivo fueron: 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 y 1.27 para NS, GIFT y FaST respectivamente siendo diferentes entre si.

Jiménez, ⁴ realizó una comparación en la etapa de crianza (152 días) entre una línea sintética de tres grupos genéticos de tilapia cuya composición fue: Rocky Mountain (R) (25 %), *O. niloticus* rosa (N) (25 %) y tilapia roja de Florida (F) (50 %.) Dicha población

sintética fue dividida en dos subpoblaciones: a) peces producto del cruzamiento *interse* del trihíbrido rojo: (Rocky Mountain x *O. niloticus*) ♂ x tilapia roja de Florida ♀ ((RN)F) y b) peces producto del cruzamiento *interse* del trihíbrido anteriormente mencionado pero de color perla. La primera subpoblación se identificó como RNF_r y la segunda como RNF_p. Estas subpoblaciones fueron comparadas en algunos rasgos productivos con respecto al trihíbrido del cual provienen ((RN)F), el híbrido: Rocky Mountain ♂ x *O. niloticus* ♀ (RN) y los grupos genéticos tilapia roja de Florida (F) y *O. niloticus* rosa (N). Los grupos genéticos que obtuvieron el mayor peso final fueron (RN)F (21.0 g) y RNF_r (20.2 g), y los pesos menores fueron para las especies *O. niloticus* (11.2 g) y tilapia roja de Florida (10.5 g). La supervivencia menor fue para la tilapia roja de Florida (86 %); todos los demás grupos presentaron una supervivencia aceptable, por arriba del 98 %. El índice de conversión alimenticia fue similar para todos los grupos, registrándose entre un rango de 1.1 a 1.7.

Riego ⁵ continuó con el estudio de Jiménez ⁴, y evaluó los mismos grupos genéticos en la etapa de engorda (139 días). En esta etapa los grupos genéticos con mejor peso final fueron RNF_r (324.6 g), RNF_p (316.2 g), (RN)F (313.9 g) y RN (277.5 g). El menor peso fue nuevamente para la tilapia roja de Florida (237.3 g) y para *O. niloticus* rosa (181.1 g). La supervivencia fue similar en todos los grupos (76 a 90 %).

En estos dos últimos estudios, los autores concluyeron que la población sintética de color rojo, la cual posteriormente recibiría el nombre de Pargo-UNAM, se proyectaba como una nueva alternativa de interés en el cultivo de tilapias rojas.

Morales, ⁶ evaluó el desempeño productivo del Pargo-UNAM y de *O. niloticus* de color gris sin inversión sexual (hembras y machos) en la etapa de crianza (91 días) y de solo machos en la engorda (123 días), encontrando diferencias en la etapa de crianza para pesos finales, Pargo-UNAM con 38.4 g y *O. niloticus* con 32.2 g; sin embargo, el peso final en la etapa de engorda fue similar: 407.3 g y 396.2 g respectivamente. La supervivencia fue del 98 al 100 % sin encontrarse diferencias significativas. El índice de conversión alimenticia fue de 1:1 en ambos grupos genéticos.

Salazar, ⁴⁴ comparó durante las fases de crianza (92 días) y engorda (240 días) el desempeño productivo de cuatro grupos genéticos de tilapia: el Pargo-UNAM, la tilapia del Nilo gris y rosa (*O. niloticus*) y la tilapia Mosambica roja (*O. mossambicus*), al término de la primera etapa no encontró diferencias para el peso final PF entre el Pargo-UNAM (82.3 g) y las tilapias del Nilo gris (68.9 g) y rosa (76.0 g), sin embargo, el primero fue diferente a la tilapia Mosambica (56.8 g). Al término de la etapa de engorda el PF del Pargo-UNAM (656.3 g) fue diferente al de las tilapias del Nilo rosa (499.6 g) y tilapia Mosambica (401.3 g), pero similar a la tilapia del Nilo gris (549.6 g). Los grupos genéticos presentaron una supervivencia entre el 90 % y 100 % en las dos etapas. El índice de conversión alimenticia ICA en la etapa de crianza para el Pargo-UNAM fue de 0.77 el cual fue diferente a la tilapia del Nilo gris (0.67), pero similar a la tilapia del Nilo rosa (0.70) y a la tilapia Mosambica (0.75). El ICA en la etapa de engorda fue de 1.3 a 1.5 en los diferentes grupos genéticos sin encontrarse diferencias.

Ortiz, ⁴⁵ comparó el desempeño productivo de la población sintética Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo gris (*O. niloticus*) durante 153 días divididos en tres etapas (crianza,

preengorda y engorda) encontrando que al término de las mismas no hubo diferencias en los pesos finales. Las sobrevivencias fueron de 72 % y 93 % en la crianza y de 59 % y 89 % en la preengorda para Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo gris respectivamente, encontrándose diferencias entre ambos grupos genéticos. En la engorda la primera tuvo una supervivencia de 97 % y la segunda de 96 % sin diferencias entre ambas. El índice de conversión alimenticia fue de 1.01, 1.37 y 0.83 para ambas en las etapas de crianza, preengorda y engorda respectivamente.

2.4 Desempeño productivo de híbridos de tilapia

Originalmente la hibridación en tilapia tenía como objetivo principal obtener progenies con porcentajes altos de machos, a partir de que Hickling ⁴⁶ realizó cruces selectivos entre distintas especies de tilapias logrando, al cruzar un macho homogamético con una hembra también homogamética, obtener generaciones híbridas 100 % machos. La dificultad siempre fue mantener las dos líneas completamente puras, lo que requería mucho espacio y precaución, adicionalmente la determinación autosómica del sexo ocasionaba en muchos casos que no se obtuviera 100 % machos. En estudios posteriores realizados con esta herramienta de mejora genética se ha observado que las progenies obtenidas tienden a mejorar aspectos de interés comercial, principalmente aquellos que se refieren al ritmo de crecimiento como son: ganancia de peso y pesos finales al término de determinadas etapas de cultivo. A continuación se citan algunos de estos trabajos.

Muñoz y Garduño, ²⁹ evaluaron el crecimiento de *O. niloticus* (gris), *O. mossambicus* roja y su híbrido en la fase de engorda (153 días), los pesos finales más altos los obtuvieron *O. niloticus* (239.6 g) y el híbrido (276.4 g); *O. mossambicus* obtuvo el menor peso (186.6 g). La ganancia diaria de peso fue para *O. niloticus* de 1.27 g/día, para el híbrido 1.37 g/día y para *O. mossambicus* 0.91 g/día. La supervivencia fue aceptable para todos los grupos genéticos, de 87.5 a 100 %.

Muñoz, ⁴⁷ en un cruzamiento dialélico completo entre las especies *O. niloticus* (N), tilapia roja de Florida (F) y la tilapia Rocky Mountain (R), en etapa de crianza (60 días), se encontró que los cruzamientos $R\♂ \times N\♀$; $F\♂ \times N\♀$; $N\♂ \times F\♀$ y $N\♂ \times R\♀$, produjeron híbridos que presentaron los mejores valores productivos tales como pesos entre 37 a 46 g al final de la crianza así como colores atractivos al mercado, por lo que se sugirió cultivarlos a escala comercial. Todos los híbridos recomendados presentaron una supervivencia promedio del 98 % y una conversión alimenticia entre 0.6 a 0.9.

Cano, ⁴⁸ en un estudio comparativo con grupos genéticos generados a partir de cruzamientos terminales de la tilapia Rocky Mountain (R), tilapia roja de Florida (F), *O. niloticus* rosa (N) y los híbridos Rocky Mountain x *O. niloticus* (RN) y tilapia roja de Florida x *O. niloticus* (FN), observó en la etapa de crianza (120 días) que los mejores rasgos productivos los obtuvieron los híbridos producto de las cruza terminales $F\♂ \times RN\♀$ (64.0 g) y $RN\♂ \times F\♀$ (61.8 g), la supervivencia para estos grupos genéticos fue del 98 al 100 % y presentaron una conversión alimenticia de 0.6 a 0.8. La etapa de engorda tuvo una duración de 126 días y al término de esta etapa encontraron que el peso final del trihíbrido (RN)F (407 g) fue superior al del híbrido RN (354 g), además de que todos los grupos

híbridos fueron superiores a *O. niloticus* rosa (239 g). La supervivencia fue del 96 al 100 % en todos los grupos.

Aparecida y colaboradores,³³ realizaron un estudio comparativo entre *O. niloticus* de las líneas Chitralada y Stirling roja, la cruce Chitralada x Stirling roja, su cruce recíproca y un tetra híbrido de Israel ND-56 durante 268 días. Los mejores pesos finales fueron para la línea Chitralada (557.2 g) y para el híbrido Chitralada x Stirling roja (522.9 g), seguidos del híbrido Stirling rojo x Chitralada (496.4 g) y la línea Stirling roja (421.9 g). El menor peso final fue para el tetra híbrido de Israel ND-56 (282.6 g). La supervivencia fue de 92 a 99 % en todos los grupos y la conversión alimenticia fue de 0.8 a 1.

Velázquez,⁴⁹ realizó un cruzamiento dialélico entre *O. niloticus* rosa (N) y *O. mossambicus* roja (M), y evaluó su desempeño productivo durante la etapa de crianza (91 días) y engorda (123 días), el híbrido que presentó los mejores pesos finales fue *O. mossambicus* x *O. niloticus*, con 39.2 g y 288.3 g al final de la crianza y engorda respectivamente. Este híbrido en la etapa de engorda fue superior a los grupos genéticos que le dieron origen N (252.6 g) y M (247.6 g.) La conversión alimenticia para los grupos genéticos fue de 1.02 a 1.22, todos presentaron supervivencias del 98.7 al 100 %.

3.0 HIPÓTESIS

La población sintética de la tilapia roja Pargo-UNAM, cuya composición genética es: tilapia roja de Florida (50 %), tilapia del Nilo rosa (25 %) y tilapia blanca Rocky Mountain (25 %) presentará rasgos de supervivencia, peso final y rendimiento en filete similares a la tilapia del Nilo gris (*Oreochromis niloticus*), bajo condiciones de cultivo intensivo.

4.0 OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Comparar el desempeño productivo de machos y hembras de las tilapias Pargo-UNAM (tilapia roja de Florida 50 %, tilapia del Nilo rosa 25 % y tilapia blanca Rocky Mountain 25 %) y la tilapia del Nilo gris (*Oreochromis niloticus*), durante 348 días de cultivo divididos en las etapas de: Crianza 1, Crianza 2, Preengorda y Engorda en una explotación comercial intensiva del sector social en el estado de Veracruz, México.

4.2 Objetivos específicos

1. Comparar al término de las etapas de Crianza 1, Crianza 2 y Preengorda la supervivencia del Pargo-UNAM y de la tilapia del Nilo gris.
2. Comparar al término de la Engorda la sobrevivencia de ambos grupos genéticos y la de ambos sexos.
3. Comparar al término de las etapas de Crianza 1, Crianza 2 y Preengorda el peso final del Pargo-UNAM y de la tilapia de Nilo gris.

4. Comparar al término de la engorda el peso final, de ambos grupos genéticos y de ambos sexos.

5. Comparar al término de las etapas de Crianza 1, Crianza 2 y Preengorda el índice de conversión alimenticia para pargo-UNAM y la tilapia del Nilo gris.

6. Comparar al término de la Engorda el rendimiento en filete de ambos grupos genéticos y de ambos sexos.

5.0 MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente estudio, el periodo de cultivo se dividió en cuatro etapas llamadas: Crianza 1, Crianza 2, Preengorda y Engorda. Las dos primeras, se realizaron en el 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). Las otras dos en una granja particular dedicada a la engorda de tilapias de nombre y razón social “Centro Acuícola y Turístico La Presa SPR de RL (Sociedad de Producción Rural de Responsabilidad Limitada), en lo sucesivo nombrada “La Presa”.

5.1 Localización de la granja piscícola “La Presa” y el CEIEGT

El CEIEGT está ubicado en las coordenadas 20° 1' 57.68" latitud norte y 97° 6' 20.86" longitud oeste a una altura de 151 metros sobre el nivel del mar (msnm), dentro del municipio de Tlapacoyan en los límites con el municipio de Martínez de la Torre, en el estado de Veracruz. El clima de esta zona es cálido húmedo con una temperatura promedio de 23.4 °C y precipitación pluvial media anual de 1,840 mm.

“La Presa” está ubicada a los márgenes del río María de la Torre, en la congregación El Diamante en el Municipio de Martínez de la Torre, Veracruz, sus coordenadas son 20° 06' 32" latitud norte y 97° 02' 32" longitud oeste, y se encuentra a una altura de 78 msnm (**Figura 1**). Su clima es cálido húmedo con una temperatura promedio de 23.7 °C. Su precipitación pluvial media anual es de 1,293 mm.



Figura 1. Mapa satelital con la localización de la granja piscícola “La Presa” en Martínez de la Torre Veracruz. La flecha indica el lugar exacto de su ubicación (Google Earth, 2008)

5.2 Fuente de agua de la granja piscícola “La Presa” y el CEIEGT

El agua que se utilizó en el Área de Crianza del CEIEGT proviene de un estanque rústico y se mantuvo en condiciones aceptables mediante un sistema recirculación (**Figura 2**). El afluente de agua de “La Presa” es el cauce del río desviado mediante compuertas hacia un canal de concreto donde el productor engorda las tilapias (**Figura 3**).



Figura 2. Sistema de recirculación del Área de Crianza del CEIEGT. Con el número uno se señala el estanque rústico, con el dos las tinas y con el tres el tinaco de almacenamiento



Figura 3. Cauce del río María la Torre, fuente de agua de la granja piscícola “La Presa”

5.3 Grupos genéticos utilizados en el estudio

Los grupos genéticos utilizados en este estudio fueron: la población sintética de tilapia de color rojo “Pargo-UNAM” (**Figura 4**) y la tilapia de color gris *Oreochromis niloticus* denominada también como tilapia del Nilo gris (**Figura 5**).

Con la intención de evaluar el desempeño productivo de las hembras de Pargo-UNAM durante la etapa de Engorda, las poblaciones no se sometieron al proceso de inversión sexual, el cual consiste en administrar alguna hormona masculina en el alimento, durante 30 días a partir de la absorción del saco vitelino (entre los 5 y 8 días de vida del alevín) para provocar que las crías hembras inviertan su sexo y toda la población obtenida al final sea de machos. Actualmente varias empresas dedicadas a la venta de alimento para acuicultura lo venden preparado. Este es un proceso que desde hace tiempo se realiza en las granjas, pues está probado que en todas las poblaciones de tilapia estudiadas hasta ahora el crecimiento de los machos es significativamente mayor al de las hembras, además con ello se evita la reproducción descontrolada en las áreas destinada a la engorda.^{50, 51, 52}



Figura 4. Pargo-UNAM ($\frac{1}{2}$ tilapia roja de Florida, $\frac{1}{4}$ *Oreochromis niloticus* y $\frac{1}{4}$ tilapia Rocky Mountain)



Figura 5. Tilapia del Nilo gris (*Oreochromis niloticus*)

5.3.1 Pargo-UNAM

En 1998 en las instalaciones del Modulo de Producción Acuícola del CEIEGT se iniciaron una serie de trabajos experimentales basados en esquemas de cruzamiento de tres grupos básicos de tilapia: *O. niloticus* rosa, tilapia roja de Florida (*O. urolepis hornorum* x *O. mossambicus*) y tilapia Rocky Mountain (*O. aureus* x *O. niloticus*), culminando en el año 2003 con la generación por primera vez en México de una nueva población sintética, denominada “Pargo-UNAM”,⁴ por lo tanto los reproductores de ésta población fueron obtenidos de lotes ubicados en este centro.

5.3.2 *Oreochromis niloticus*

Se le conoce comúnmente como “tilapia nilotica” o “tilapia del Nilo gris”, es originaria de las vertientes del río Nilo en África. Actualmente se encuentra distribuida en forma natural hacia el sur de ese continente.^{3, 12} Presenta una coloración en diferentes tonos de gris y verde olivo. Su aleta caudal tiene franjas verticales blancas y negras bien delimitadas. En los machos durante la reproducción, la parte ventral del cuerpo, aletas dorsal, anal y pélvica se tornan de color negro y la parte ventral de la cabeza adquiere un característico color rojo.^{3, 12} En vida libre se alimenta principalmente de fitoplancton, del cual las diatomeas son un componente importante de su dieta. Las crías consumen, larvas de insectos, rotíferos, ácaros y detritus macrofíticos. La temperatura letal baja para *O. niloticus* es de 11 a 12 °C. El número de huevos producidos por hembras grandes puede ser hasta de 1,000 a 1,500 siendo su incubación bucal.^{3, 12, 54}

Los ejemplares que se utilizaron como reproductores de esta especie fueron obtenidos de la granja “La Presa”, ahí llegaron provenientes de lotes ubicados en el CEIEGT, Centro que a su vez los obtuvo del CINVESTAV Mérida del IPN. Lugar al que llegaron en el año de 1986 importados de una población ubicada en el Instituto de Acuicultura de la Universidad de Stirling, Escocia.

5.4 Reproducción y obtención de crías

Para la reproducción, se utilizaron seis estanques rectangulares de concreto de 2.50 metros de ancho x 9 metros de largo y 0.90 metros de alto (**Figura 6**). Estos estanques tienen una capacidad 20.2 m³ de agua. A cada estanque se les cambió diariamente el 20% de su volumen de agua a fin de mantener la calidad fisicoquímica apropiada para los reproductores.



Figura 6. Serie de estanques para reproducción de tilapia en la granja piscícola “La Presa”

En tres estanques se colocaron los reproductores de Pargo-UNAM, 60 hembras y 20 machos, por cada estanque. En los otros tres se ubicaron los reproductores de *O. niloticus*,

en la misma cantidad y proporción de sexos. En total se ocuparon 180 hembras y 60 machos adultos de cada grupo genético. El peso promedio para ambos grupos de reproductores se observa en el **Cuadro 1**. En esta etapa los reproductores se alimentaron dos veces al día⁵⁵ con alimento de 32% de proteína cruda (PC) de la marca “Silver Cup”, (Alimentos El Pedregal, Toluca Estado de México) de acuerdo a los niveles de proteína indicados por Jauncey y Ross.⁵⁶

Cuadro 1

Peso promedio de los reproductores de ambos grupos genéticos

Grupo genético	Machos	Hembras
Pargo-UNAM	800 g	608 g
<i>Oreochromis niloticus</i> gris	1035 g	547 g

5.5 Etapa de Crianza 1

Cuando se observaron crías recién nacidas en los estanques de reproductores, a los 11 días después de haberlos ubicado, fueron colectadas con una red de malla mosquitera y se pasaron por un tamiz de malla plástica de 2 mm de diámetro, aquellas que no quedaron retenidas, se contaron hasta que se obtuvieron 3,600 de cada grupo genético y posteriormente se procedió a transportarlas al CEIEGT.

A su llegada al CEIEGT, cada grupo genético se dividió en cuatro lotes de 900 crías cada uno. Se colocaron de manera aleatoria en cuatro tanques de plástico de 750 litros, cuatro por grupo genético, es decir dos tratamientos (ambos grupos genéticos) y cuatro

repeticiones para cada tratamiento. Los tanques empleados, forman parte de un conjunto de 24 unidades de un sistema de recirculación y aireación de agua de un estanque rústico en el área de crianza (**Figura 2**). Con un flujo de agua de cuatro litros por minuto por tanque, cada 54 minutos se hacía un recambio total del agua.

La ubicación de cada repetición dentro del área de crianza fue al azar, se obtuvo el peso promedio de 800 alevines y longitud inicial de 50 de ellos, el aspecto de ambos grupos genéticos al inicio del experimento se muestra en la **Figura 7**, los valores obtenidos en el primer pesaje al cabo de los 30 días que duró esta etapa se expresan en el **Cuadro 2**.

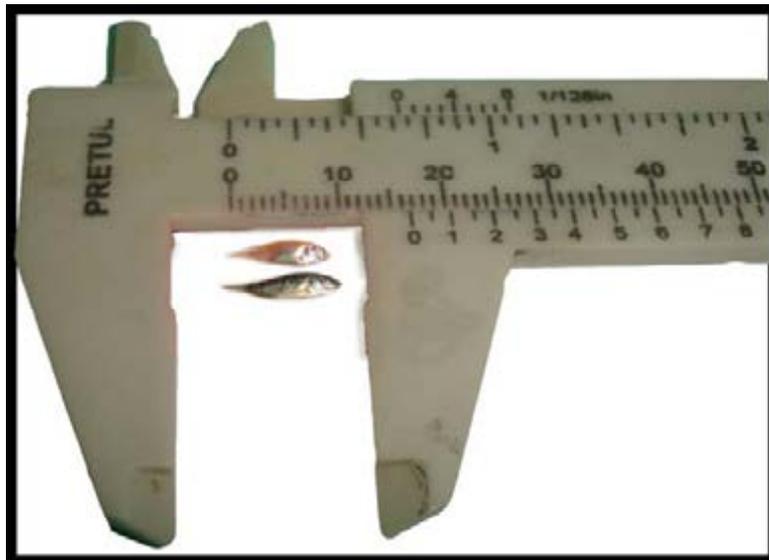


Figura 7. Crías de Pargo-UNAM (arriba) y *Oreochromis niloticus* (abajo) al inicio de la Crianza 1

Cuadro 2

Peso y talla promedio de las crías al iniciar la etapa de Crianza 1

Grupo genético	Peso (g)	Talla (cms)
Pargo-UNAM	0.07 ± 0.02	0.92 ± 0.25
<i>Oreochromis niloticus</i> gris	0.06 ± 0.01	1.0 ± 0.15

5.5.1 Alimentación

Durante la primera mitad de esta fase, las crías se alimentaron a saciedad aparente, lo que quiere decir que se les proporciona el alimento hasta que los peces dejan de manifestar interés por él, ocho veces al día ⁵⁵ con un alimento comercial en polvo con 50 % de PC y la segunda mitad de la etapa con uno de 45 % de PC en partículas de 1.5 mm de la misma marca y en la misma frecuencia, de acuerdo al nivel de proteína indicado por Jauncey y Ross ⁵⁶. El cambio de alimento se hizo de manera gradual para facilitar la adaptación de los peces al nuevo tamaño y porcentaje de PC. El análisis de la composición químico proximal para ambos alimentos se realizó con el método señalado por la asociación de químicos analistas oficiales de Estados Unidos (AOAC) por sus siglas en inglés, ⁵⁷ y se muestra en los **Cuadros 3 y 4**.

Cuadro 3

Análisis químico proximal del alimento suministrado a las crías de Pargo-UNAM y *Oreochromis niloticus* en la primera mitad de la etapa de Crianza 1

Componente	Proporción (%)
Humedad	1.10
Materia seca	98.9
Proteína cruda	53.1
Extracto etéreo	18.2
Cenizas	10.2
Fibra cruda	1.49
E.L.N*	16.9

* E.L.N= Elementos libres de nitrógeno

E.L.N = 100-(% H + % PC + % EE + % FC + % C)

Cuadro 4

Análisis químico proximal del alimento suministrado a las crías de Pargo-UNAM y *Oreochromis niloticus* en la segunda mitad de la etapa de Crianza 1

Componente	Proporción (%)
Humedad	2.00
Materia seca	98.0
Proteína cruda	48.5
Extracto etéreo	17.3
Cenizas	8.41
Fibra cruda	2.08
E.L.N*	23.6

* E.L.N= Elementos libres de nitrógeno

E.L.N = 100-(% H + % PC + % EE + % FC + % C)

Esta etapa finalizó cuando los peces, alcanzaron en promedio un peso de 1.75 g y 4 cm de longitud (30 días de cultivo), de los peces que sobrevivieron se tomaron 440 de cada tanque para comenzar la siguiente etapa.

5.5.2 Variables fisicoquímicas del agua

Las variables fisicoquímicas del agua se midieron mediante el método o instrumento que se observan en el **Cuadro 5**. Los registros de las variables fisicoquímicos del agua en esta etapa se muestran en el **Cuadro 6**.

Cuadro 5

Frecuencia y método o instrumento con que se midieron las variables fisicoquímicas del agua durante las cuatro etapas experimentales

Variable	Frecuencia	Horario	Método o instrumento
Temperatura (°C)	Diario. Dos veces al día	7:00 am 4:00 pm	Oxímetro digital portátil (YSI 55 ^a , EUA)
Oxígeno disuelto (mg/l) Oxígeno disuelto (% de saturación)	Diario. Dos veces al día	7:00 am 4:00 pm	
Amonio NH ₄ (mg/l)	Dos veces por semana	7:00 am	Reactivos colorimétricos (Hagen; Grupo Acuario Lomas; Canada)
pH	Una vez por semana	7:00 am	Test de pH (Hagen; Grupo Acuario Lomas; Canada)
Transparencia (cm)	Una vez cada quince días	12:00 pm	Disco de Secchi

Cuadro 6

Variables fisicoquímicas del agua en la etapa de Crianza 1 de Pargo-UNAM y *Oreochromis niloticus*

Variable	Promedio	Valor máximo	Valor mínimo	Valor óptimo
Temperatura (°C)	29.7 ± 1.45	30.4	25.4	25-30
Oxígeno disuelto (mg/l)	6.20 ± 0.33	6.7	5.3	>4
Oxígeno disuelto (% de saturación)	79.3 ± 5.17	88.4	69.5	75-100%
Amonio NH ₄ (mg/l)	0.6 ± 0.10	0.8	0.1	<1.2
Amoniaco NH ₃ (mg/l)	0.4 ± 0.10	0.6	0.08	<1.2
pH	7.86 ± 0.19	8.0	7.8	6.50-9
Transparencia (cm)	31.0 ± 4.9	37	25	35-45

NH₃ = (NH₄ / 1.22)

5.6 Etapa de Crianza 2

Esta etapa inició con 440 peces por tanque, los cuales procedieron de la etapa previa y se colocaron en los mismos tanques a fin de continuar con el mismo orden aleatorio, esta etapa tuvo una duración de 117 días y durante ésta se realizó una biometría mensual de los peces para saber su ritmo de crecimiento.

5.6.1 Alimentación

La alimentación ofrecida en esta etapa fue a saciedad aparente seis veces al día ⁵⁵ con un alimento comercial con 45 % de proteína cruda en partículas de 2.5 mm, de acuerdo al nivel de proteína recomendado por Jauncey y Ross. ⁵⁶ La composición química proximal se muestra en el **Cuadro 7**. Al igual que en la etapa anterior el cambio de alimentación se hizo de manera gradual.

Cuadro 7

Análisis químico proximal del alimento suministrado a las crías de Pargo-UNAM y *Oreochromis niloticus* en la etapa de Crianza 2

Componente	Proporción (%)
Humedad	1.90
Materia seca	98.1
Proteína cruda	49.6
Extracto etéreo	14.9
Cenizas	9.90
Fibra cruda	2.13
E.L.N*	23.4

* E.L.N= Elementos libres de nitrógeno

E.L.N = 100-(% H + % PC + % EE + % FC + % C)

5.6.2 Variables fisicoquímicas del agua

Las variables fisicoquímicas del agua se midieron con la misma frecuencia e instrumentos utilizados en la etapa anterior (**Cuadro 5**). Los parámetros fisicoquímicos del agua registrados en esta etapa se muestran en el **Cuadro 8**.

Cuadro 8

Variables fisicoquímicas del agua en la etapa de Crianza 2

Variable	Promedio ± D.E	Valor máximo	Valor mínimo	Valor óptimo
Temperatura (°C)	29.7 ± 1.45	28.5	16.7	25-29
Oxígeno disuelto (mg/l)	5.64 ± 0.9	7.52	3.38	>4
Oxígeno disuelto (% de saturación)	65.6 ± 9.56	82.3	40.4	70-100%
Amonio NH ₄ (mg/l)	0.86 ± 0.52	2.4	0.5	<1.2
Amoniaco NH ₃ (mg/l)	0.74 ± 0.52	1.9	0.4	<1.2
pH	7.59 ± 0.27	8.2	7.1	6.50-9
Transparencia (cm)	36.0 ± 6.22	47	22.5	>35

NH₃= (NH₄/ 1.22)

La temperatura del agua, se mantuvo en niveles bajos para el cultivo de tilapia a la mitad y al término de la etapa de Crianza 2, debido a la presencia del invierno lo que tuvo una influencia negativa sobre el crecimiento de los peces. De acuerdo con Morales ¹² el crecimiento de las tilapias se ve interrumpido con temperaturas menores a los 20 °C. El oxígeno, amonio y pH se encontraron en rangos aceptables. Ninguno de estos parámetros se considero peligroso para las tilapias durante el cultivo. Esta etapa finalizó cuando los peces, alcanzaron en promedio un peso de 36.6 g y talla de 12.4 cm de longitud, después de 117 días de cultivo, de los peces que sobrevivieron se tomaron 220 de cada repetición para comenzar la siguiente etapa.

5.7 Etapa de Preengorda

Esta etapa inició con 880 peces por tratamiento (220 peces por repetición) mismos que fueron transportados a “La Presa” y colocados en ocho jaulas con capacidad para un metro cúbico, se busco mantener a los peces de una misma repetición juntos, a fin de seguir respetando el orden que tenían desde el principio (las mismas cuatro repeticiones para ambos tratamientos). Las jaulas fueron armadas con malla plástica para acuicultura de la marca “Tenax”, modelo “Quadra 5 mm” y se ubicaron dentro del canal de concreto de manera aleatoria y equidistante (**Figura 8**), esta etapa tuvo una duración de 73 días a partir del término de la Crianza 2 y al igual que la Crianza 1 no es común encontrarla en estudios de investigación sin embargo este trabajo se dividió así para tener un mejor control del desempeño productivo y conocer lo que sucede durante esta parte del cultivo en las granjas comerciales. Durante esta etapa también se realizó una biometría mensual de los peces a fin de saber su ritmo de crecimiento.



Figura 8. Ubicación de las ocho jaulas dentro de un canal de concreto de la granja piscícola “La Presa” para la etapa de Preengorda y Engorda de Pargo-UNAM y *Oreochromis niloticus*

5.7.1 Alimentación

La alimentación ofrecida en esta etapa fue a saciedad aparente seis veces al día ⁵⁵ con un alimento comercial con 32 % de PC y un tamaño de 3.5 mm, de acuerdo al nivel de proteína empleado por Jauncey y Ross. ⁵⁶ La composición químico proximal se muestra en el **Cuadro 9**.

Cuadro 9

Análisis químico proximal del alimento suministrado a juveniles de Pargo-UNAM y *Oreochromis niloticus* en la etapa de Preengorda

Componente	Proporción (%)
Humedad	1.50
Materia seca	98.5
Proteína cruda	36.0
Extracto etéreo	7.24
Cenizas	6.95
Fibra cruda	4.77
E.L.N*	45.0

*E.L.N= Elementos libres de nitrógeno

E.L.N = 100-(% H + % PC + % EE + % FC + % C)

5.7.2 Variables fisicoquímicas del agua

Las variables fisicoquímicas del agua se midieron con la misma frecuencia e instrumentos utilizados en las etapas anteriores **Cuadro 5**. Las variables fisicoquímicas del agua registradas en esta etapa se muestran en el **Cuadro 10**.

Cuadro 10

Variables fisicoquímicas del agua en la etapa de Preengorda de juveniles de Pargo-UNAM y *Oreochromis niloticus*

Variable	Promedio	Valor máximo	Valor mínimo	Valor óptimo
Temperatura (°C)	24.0 ± 2.38	28.8	20.2	25-29
Oxígeno disuelto (mg/l)	5.95 ± 0.79	7.92	3.85	>4
Oxígeno disuelto (%)	70.1 ± 8.88	91.0	44.6	75-100%
Amonio NH ₄ (mg/l)	0.11 ± 0.03	0.3	0.1	<1.2
Amoniaco NH ₃ (mg/l)	0.09 ± 0.03	0.2	0.08	<1.2
pH	7.53 ± 0.06	7.7	7.5	6.50-9
Transparencia (cm)	121.5 ± 4.27	130	115	>35

NH₃= (NH₄/ 1.22)

El incremento constante en la temperatura y el hecho de que las demás variables fisicoquímicas del agua se mantuvieran en niveles óptimos, permitieron un crecimiento adecuado de los peces. Esta etapa finalizó cuando los peces, alcanzaron en promedio un peso de 36.6 g y una talla de 12.4 cm de longitud, momento en el que por el tamaño de sus papilas genitales fue posible sexarlos manualmente para dividirlos también por sexo.

5.8 Etapa de Engorda

Al terminar la etapa anterior ambas poblaciones quedaron divididas por sexo, generándose dos tratamientos más, por lo que en esta etapa se trabajo con cuatro tratamientos (Pargo-UNAM hembras, Pargo-UNAM machos, *O. niloticus* hembras y *O. niloticus* machos) y cuatro repeticiones para cada tratamiento. Para colocar a cada repetición en una jaula fue necesario duplicar el número de éstas a dieciséis, todas elaboradas con los mismos materiales y dimensiones. En cada repetición es decir en cada

jaula se colocaron 50 peces, quedando 200 en cada tratamiento. La duración de esta etapa fue de 122 días.

5.8.1 Alimentación

La alimentación ofrecida durante esta etapa fue a saciedad aparente aproximadamente tres veces al día ⁵⁵ con la misma marca de alimento comercial flotante, con 32 % de proteína cruda ⁵⁶ en partículas de 5.5 mm. La composición químico proximal se muestra en el **Cuadro 11**. Al igual que en la etapa anterior el cambio de alimentación se hizo de manera gradual.

Cuadro 11

Análisis químico proximal del alimento suministrado a hembras y machos de Pargo-UNAM y *Oreochromis niloticus* en la etapa de Engorda

Componente	Proporción (%)
Humedad	2.20
Materia seca	97.8
Proteína cruda	36.0
Extracto etéreo	6.30
Cenizas	7.22
Fibra cruda	5.41
E.L.N*	44.6

*E.L.N= Elementos libres de nitrógeno

E.L.N = 100-(% H + % PC + % EE + % FC + % C)

5.8.2 Variables fisicoquímicas del agua

Las variables fisicoquímicas del agua se midieron con la misma frecuencia e instrumentos utilizados en la etapa anterior (**Cuadro 5**). Las variables fisicoquímicas del agua registradas en esta etapa se muestran en el **Cuadro 12**.

Cuadro 12
Variables fisicoquímicas del agua de la etapa de Engorda

Variable	Promedio ± D.E	Valor máximo	Valor mínimo	Valor óptimo
Temperatura (°C)	27.3 ± 1.49	29.9	24.3	25-29
Oxígeno disuelto (mg/l)	5.7 ± 1.1	8.00	3.21	>4
Oxígeno disuelto (% de saturación)	72.3 ± 14.2	95.2	41.7	70-100%
Amonio NH ₄ (mg/l)	0.1 ± 0.05	0.3	0.0	<1.2
Amoniaco NH ₃ (mg/l)	0.08 ± 0.05	0.2	0.0	<1.2
pH	7.46 ± 0.08	7.5	7.3	6.50-9
Transparencia (cm)	102.6 ± 41.1	150.00	10.00	>35

NH₃= (NH₄/ 1.22)

Todos los valores se encontraron dentro de los rangos aceptables para el cultivo de tilapia, ninguno de estos parámetros se considero peligroso, esta etapa finalizó cuando los peces alcanzaron en promedio un peso de 508 g y una talla de 31.4 cm de longitud, después de 122 días de cultivo.

5.8.3 Sacrificio y remoción del filete

Al terminar la etapa de engorda y con el objetivo de evaluar el rendimiento en filete se sacrificaron al azar 15 ejemplares de cada jaula, sumergiéndolos en agua fría (3 °C)

durante 25 minutos. Este se considera como un método de eutanasia en peces, sobre todo en aquellos destinados al consumo humano.⁵⁷

Los filetes se removieron en la forma acostumbrada para este tipo de pez (**Figura 9**) de acuerdo con la técnica empleada por Garduño⁵⁸ descrita a continuación:

1. Se realizó un primer corte de la parte posterior de la aleta pectoral, hacia la parte central de la base de la cabeza.
2. El segundo corte se hizo sobre toda la parte dorsal del pez, lo más próximo a las espinas dorsales y columna vertebral.
3. El corte se continuó hasta la región ventral para remover el filete con la piel.
4. Se separó la piel del filete y se llevó a cabo el mismo procedimiento para retirar el filete del otro lado.

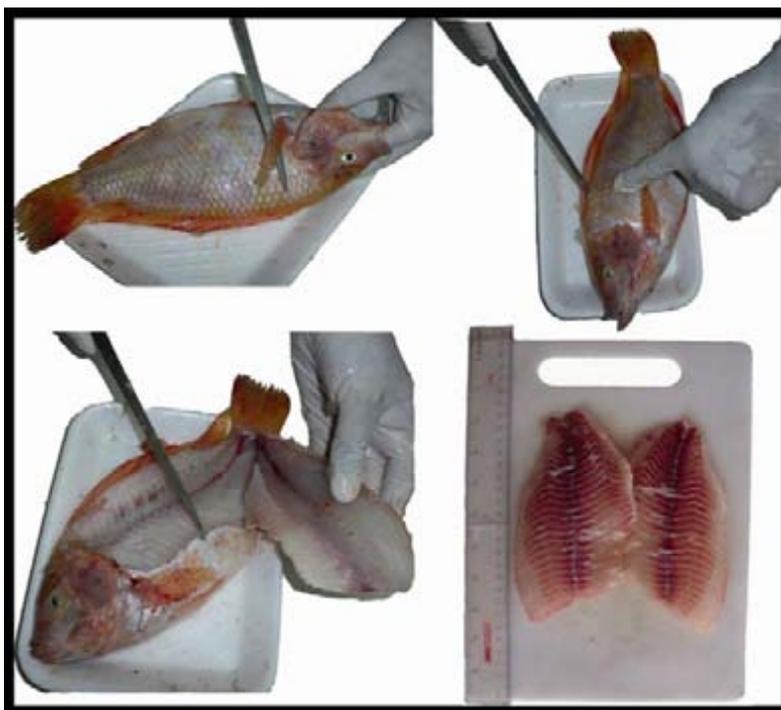


Figura 9. Procedimiento para la obtención del filete de una tilapia

5.9 Determinación de los rasgos productivos

Los rasgos productivos evaluados al término de las etapas de Crianza 1, Crianza 2 y Preengorda fueron: supervivencia, peso final, e índice de conversión alimenticia. En la engorda no se evaluó el índice de conversión alimenticia pero al término de ésta se calculó el porcentaje de rendimiento en filete.

Adicionalmente se realizaron los cálculos para la obtención de la ganancia diaria de peso, porcentaje de peso ganado y tasa específica de crecimiento.

5.9.1 Supervivencia

Estima el porcentaje de peces que vivieron al final del experimento

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

En donde:

S = Supervivencia

NF = Número de peces al finalizar el experimento

NI = Número de peces al iniciar el experimento

100 = Constante para expresar el resultado en porcentaje

5.9.2 Rendimiento en filete

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

$$RF = 100 (PTF / PTP)$$

En donde:

RF = Rendimiento en filete

PTF = Peso total del filete

PTP = Peso total del pescado

100 = Constante para expresar el resultado en porcentaje

5.9.3 Índice de conversión alimenticia

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

$$ICA = AC / PG$$

En donde:

ICA = Índice de conversión alimenticia

AC = Alimento consumido

PG = Peso ganado

5.9.4 Ganancia diaria de peso

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

$$GDP = (PF - PI) / T$$

En donde:

GDP = Ganancia diaria de peso

PF = Peso final

PI = Peso inicial

T = Tiempo (días)

5.9.5 Porcentaje de peso ganado

Porcentaje del incremento del peso corporal a lo largo del experimento

$$PPG = 100 ((PF - PI) / PI)$$

En donde:

PPG = Porcentaje de peso ganado

PF = Peso final

PI = Peso inicial

100 = Constante para expresar el resultado en porcentaje

5.9.6 Tasa específica de crecimiento

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

$$TEC = 100 (\text{Ln PF} - \text{Ln PI}) / T$$

En donde:

TEC = Tasa específica de crecimiento

Ln PF = Logaritmo natural de peso final

Ln PI = Logaritmo natural de peso inicial

T = Tiempo (días)

100 = Constante para expresar el resultado en porcentaje

5.10 Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar para dos tratamientos y cuatro repeticiones en las etapas de Crianza 1, Crianza 2 y Preengorda y para cuatro tratamientos y cuatro repeticiones en la etapa de Engorda.

Los rasgos productivos se analizaron bajo el modelo:

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

En donde:

Y_{ij} = Valor fenotípico (peso final, supervivencia, índice de conversión alimenticia, ganancia diaria de peso, tasa específica de crecimiento y porcentaje de peso ganado) observado del grupo genético (j) en la unidad experimental (i)

μ = Media poblacional, un efecto común a todas las observaciones.

t_i = Efecto del grupo genético i.

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

El análisis de varianza (ANDEVA), se realizó con el Paquete de Diseños Experimentales Versión 2.4 de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (FAUANL).⁵⁹ En la última etapa la comparación múltiple de medias se realizó mediante la Prueba de Tukey⁶⁰ con el programa estadístico para cómputo SAS.⁶¹ A los valores porcentuales se les realizó la transformación arcoseno de acuerdo con Zar.⁶² Al porcentaje de machos encontrado en cada jaula al término de la Preengorda también se le realizó un análisis de varianza, a este valor no se le considera un parámetro productivo.

6.0 RESULTADOS

6.1 Rasgos productivos en la etapa de Crianza 1

Los valores de los rasgos productivos evaluados en esta etapa para ambos grupos genéticos se muestran en el **Cuadro 13**. No se presentaron diferencias significativas entre los grupos genéticos en ninguna de las variables productivas evaluadas.

Cuadro 13

Rasgos productivos de Pargo-UNAM y *Oreochromis niloticus* en la etapa de Crianza 1

Variable	Grupo genético	
	Pargo-UNAM	Tilapia del Nilo gris
Supervivencia (%)	61.4 ^a ± 13.0	63.2 ^a ± 9.37
Peso inicial (g)	0.07 ^a ± 0.02	0.06 ^a ± 0.01
Peso final (g)	1.50 ^a ± 0.96	1.39 ^a ± 0.64
GDP (g/día)	0.05 ^a ± 0.00	0.04 ^a ± 0.01
Peso ganado (%)	2213 ^a ± 513	2474 ^a ± 793
TEC (%/día)	10.40 ^a ± 0.71	10.7 ^a ± 0.95
ICA	1.32 ^a ± 0.17	1.44 ^a ± 0.18

Medidas con el mismo superíndice no son diferentes ($P > 0.05$); GDP = Ganancia diaria de peso; TEC = Tasa específica de crecimiento; ICA = Índice de conversión alimenticia

6.1.1 Supervivencia

En esta etapa no se encontraron diferencias entre ambos grupos genéticos ($P>0.05$) (Figura10).

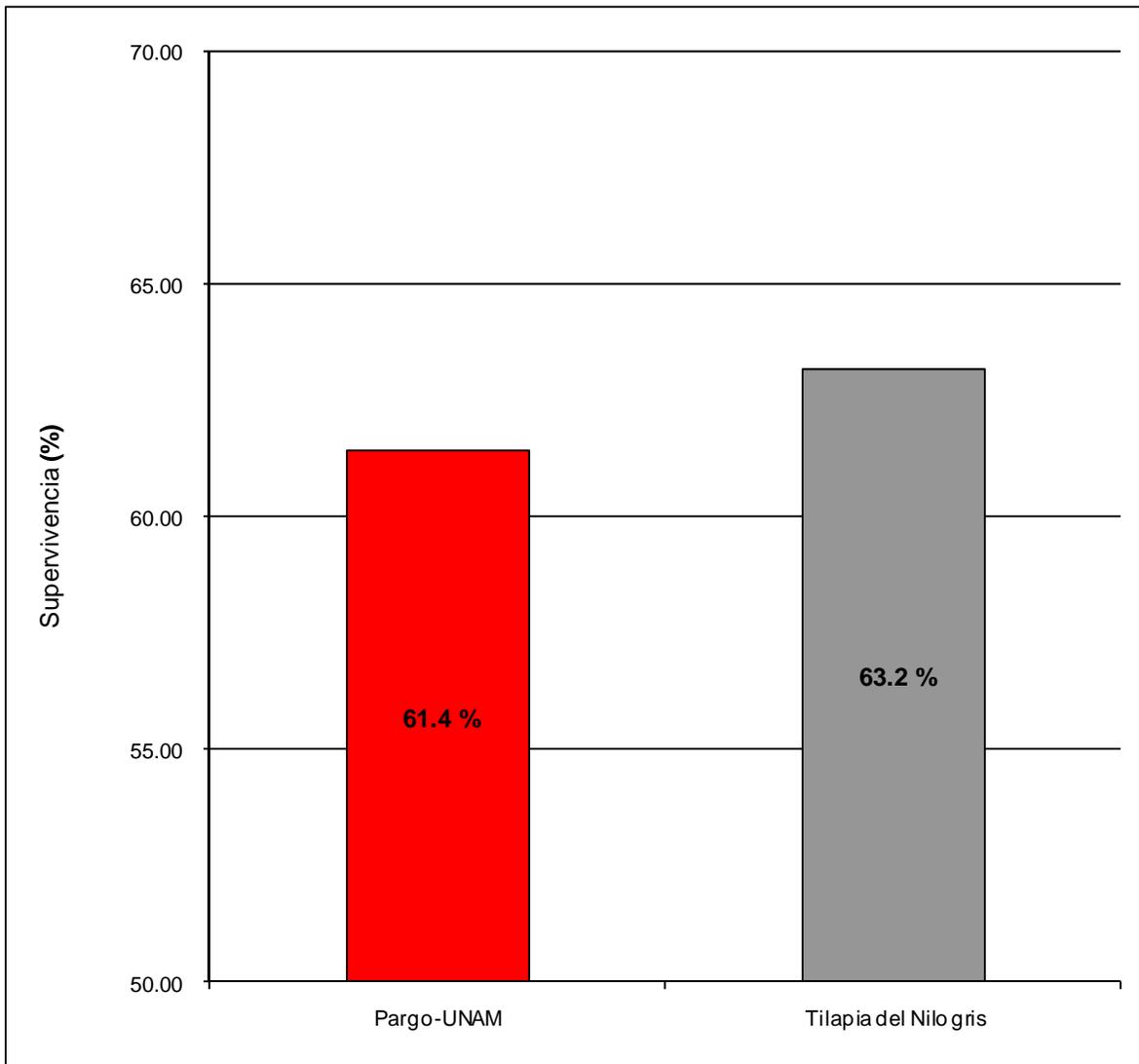


Figura 10. Supervivencia del Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo gris al término de la etapa de Crianza 1

6.1.2 Peso final

En la primera etapa, el peso final para los grupos genéticos evaluados ($P>0.05$) fue similar (**Figura 11**).

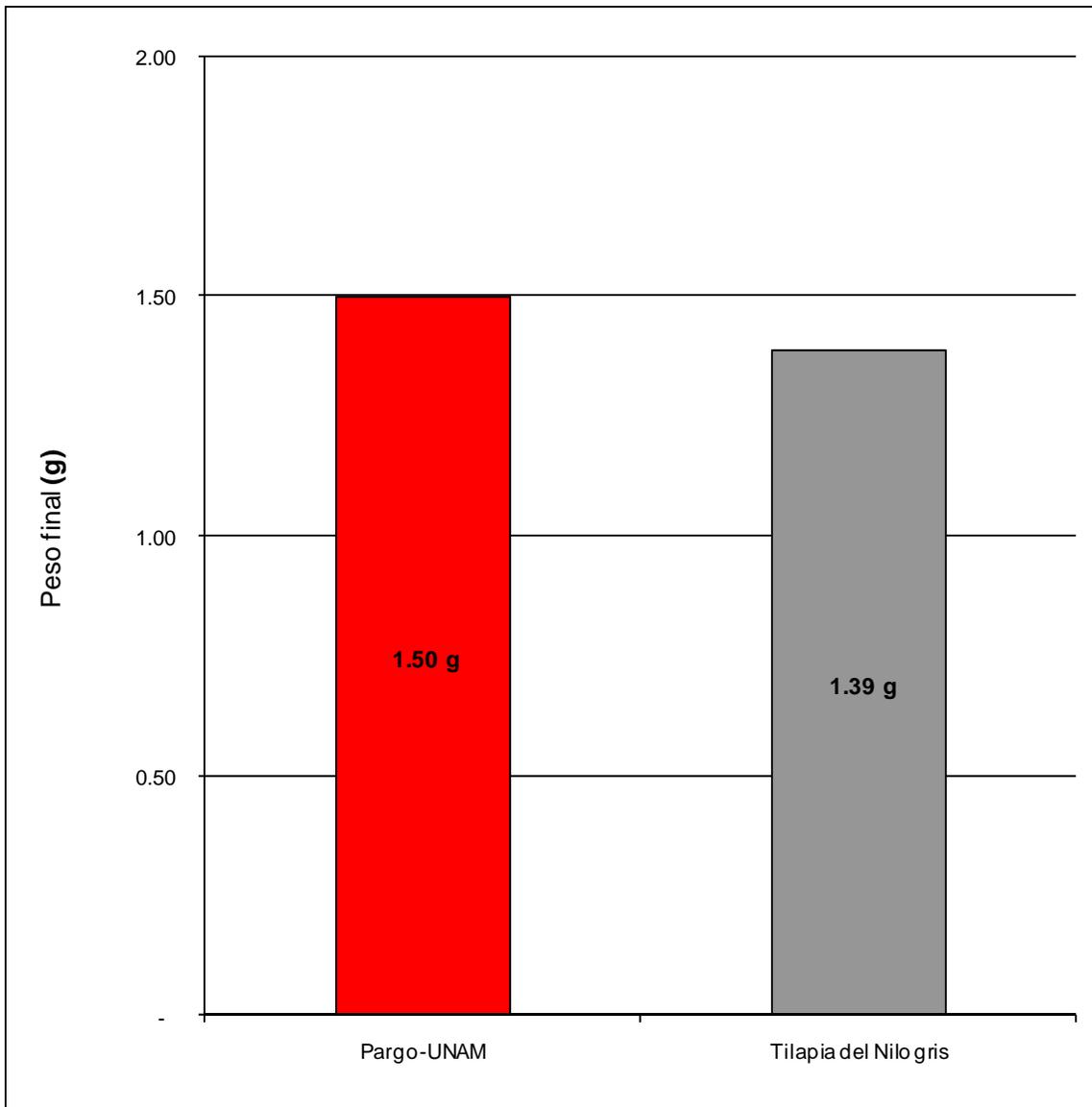


Figura 11. Peso final del Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo gris al término de la etapa de Crianza 1

6.1.3 Índice de conversión alimenticia

En cuanto al índice de conversión alimenticia, al término de la primera etapa no hubo diferencias significativas entre el Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo gris ($P>0.05$), (**Figura 12**).

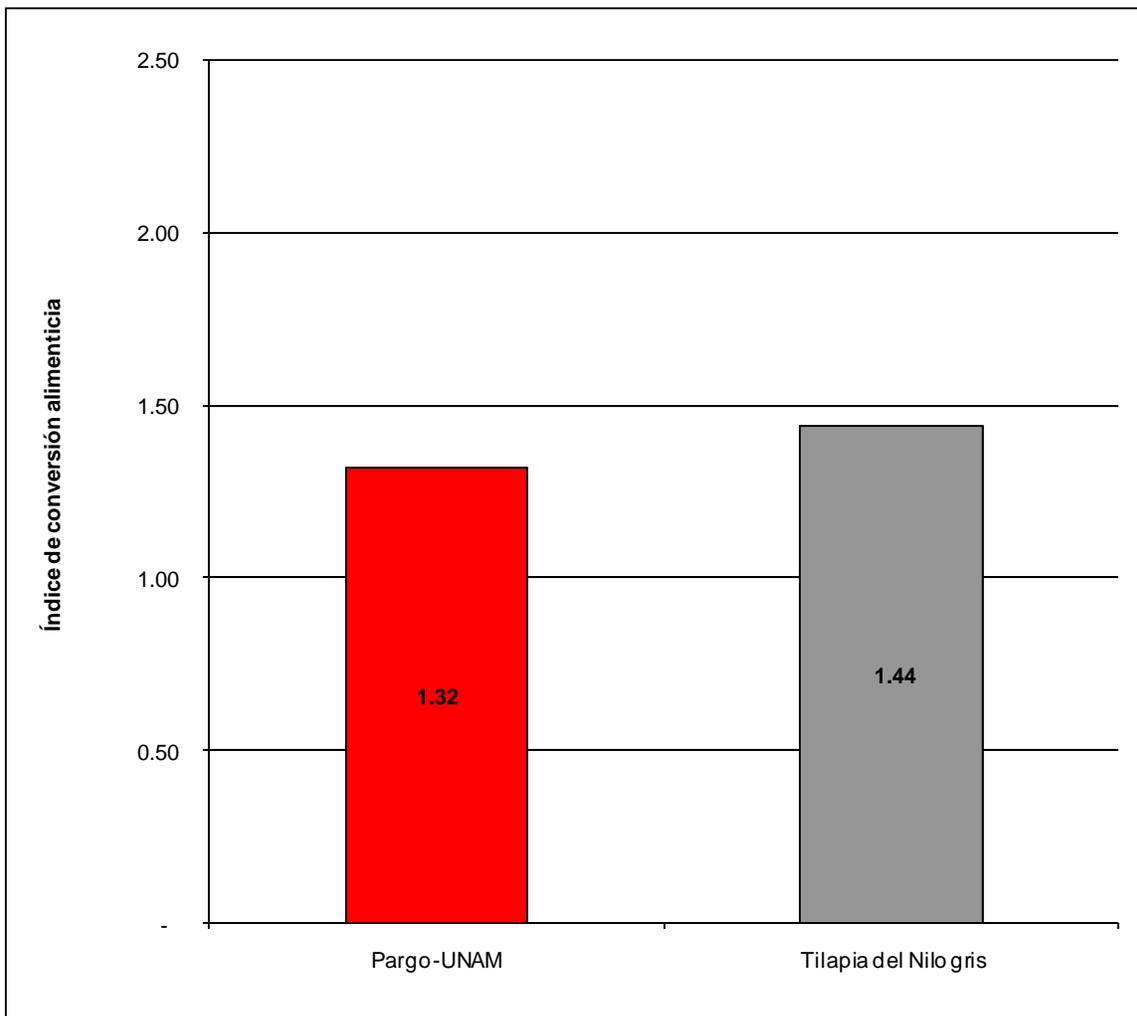


Figura 12. Índice de conversión alimenticia del Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo gris al término de la etapa de Crianza 1

6.2 Rasgos productivos en la etapa de Crianza 2

Los valores de los rasgos productivos evaluados en este periodo se muestran en el **Cuadro 14**.

Cuadro 14

Rasgos productivos de Pargo-UNAM y *Oreochromis niloticus* en la etapa de Crianza 2

Variable	Grupo genético	
	Pargo-UNAM	Tilapia del Nilo gris
Supervivencia (%)	87.8 ^b ± 2.07	96.4 ^a ± 1.86
Peso inicial (g)	1.50 ^a ± 0.96	1.39 ^a ± 0.64
Peso final (g)	36.6 ^a ± 22.91	36.5 ^a ± 21.82
GDP (g/día)	0.30 ^a ± 0.04	0.30 ^a ± 0.02
Peso ganado (%)	2,333 ^a ± 244.51	2,596 ^a ± 448.92
TEC (%/día)	2.73 ^a ± 0.08	2.81 ^a ± 0.15
ICA	2.41 ^a ± 0.16	1.82 ^b ± 0.85

Medidas con el mismo superíndice no son diferentes ($P > 0.05$); GDP = Ganancia diaria de peso; TEC = Tasa específica de crecimiento; ICA = Índice de conversión alimenticia.

6.2.1 Supervivencia

En esta etapa se encontró una diferencia significativa entre ambos grupos genéticos ($P < 0.05$) siendo mayor para la tilapia del Nilo gris que para el Pargo-UNAM (**Figura 13**).

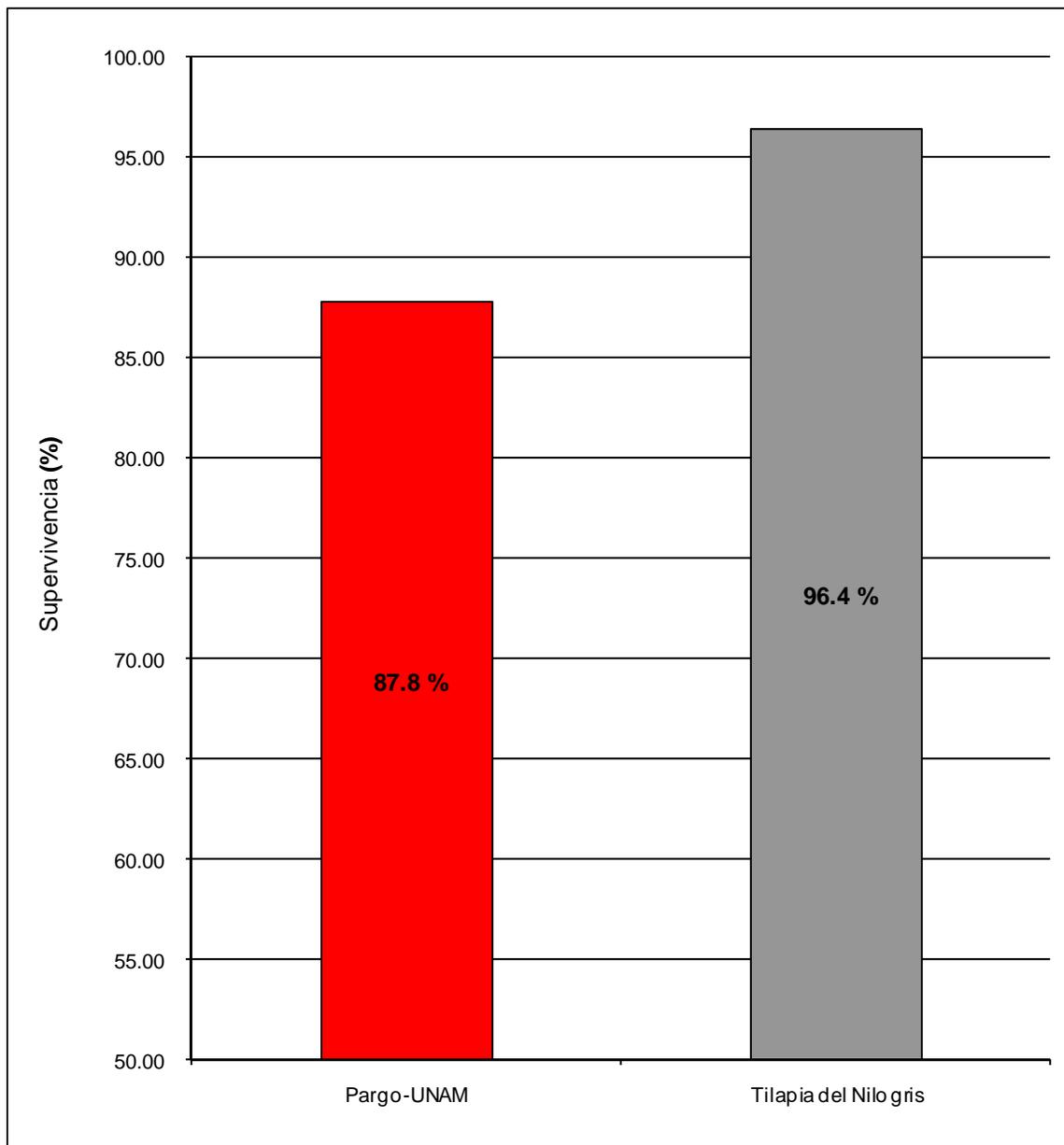


Figura 13. Supervivencia del Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo gris al término de la etapa de Crianza 2

6.2.2 Peso final

En lo que respecta a la variable peso final, no se observaron diferencias significativas entre los grupos genéticos evaluados ($P>0.05$) (**Figura 14**).

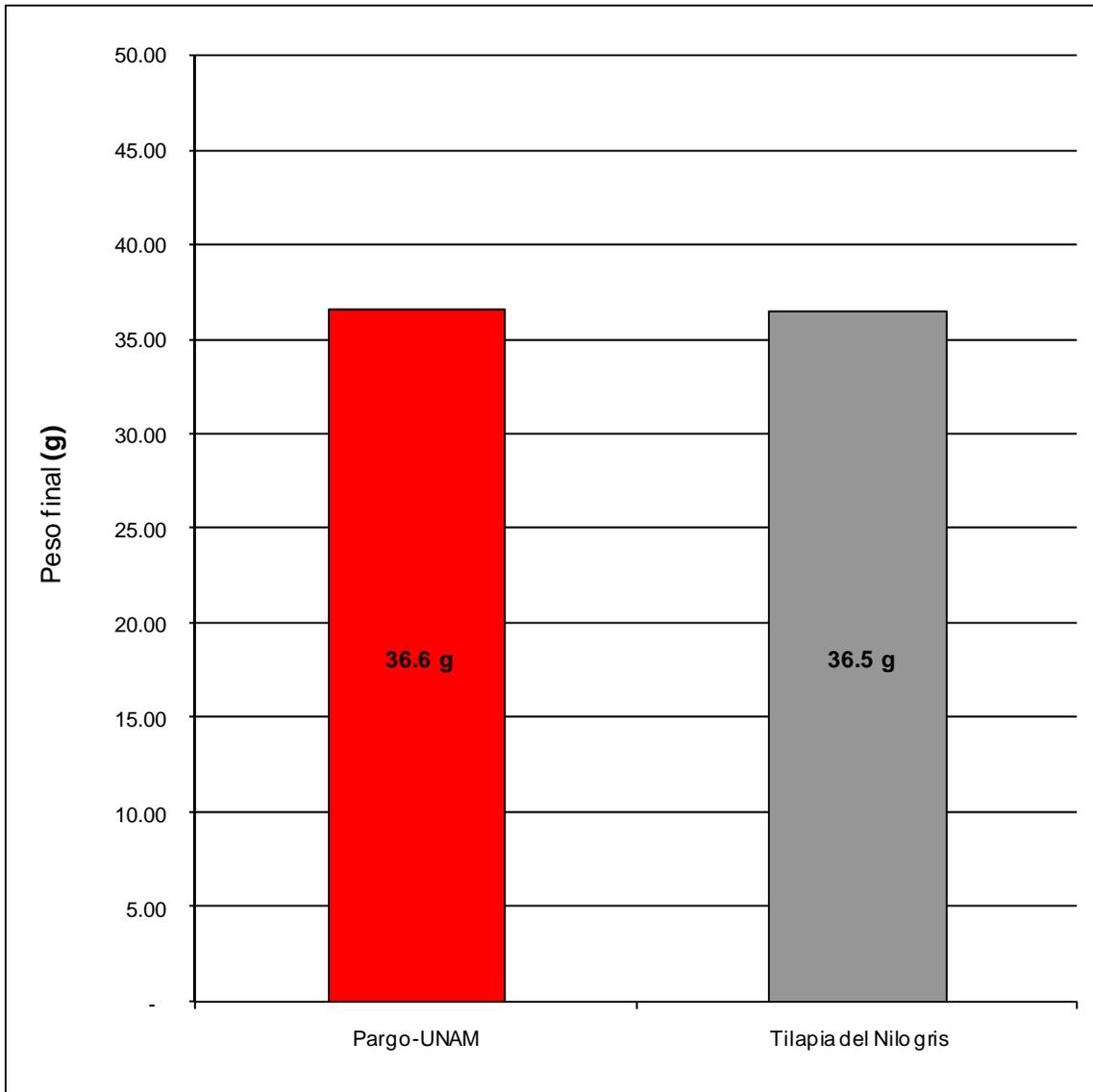


Figura 14. Peso final del Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo gris al término de la etapa de Crianza 2

6.2.3 Índice de conversión alimenticia

El índice de conversión alimenticia fue diferente entre el Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo gris ($P < 0.05$), siendo el primero menos eficiente (**Figura 15**).

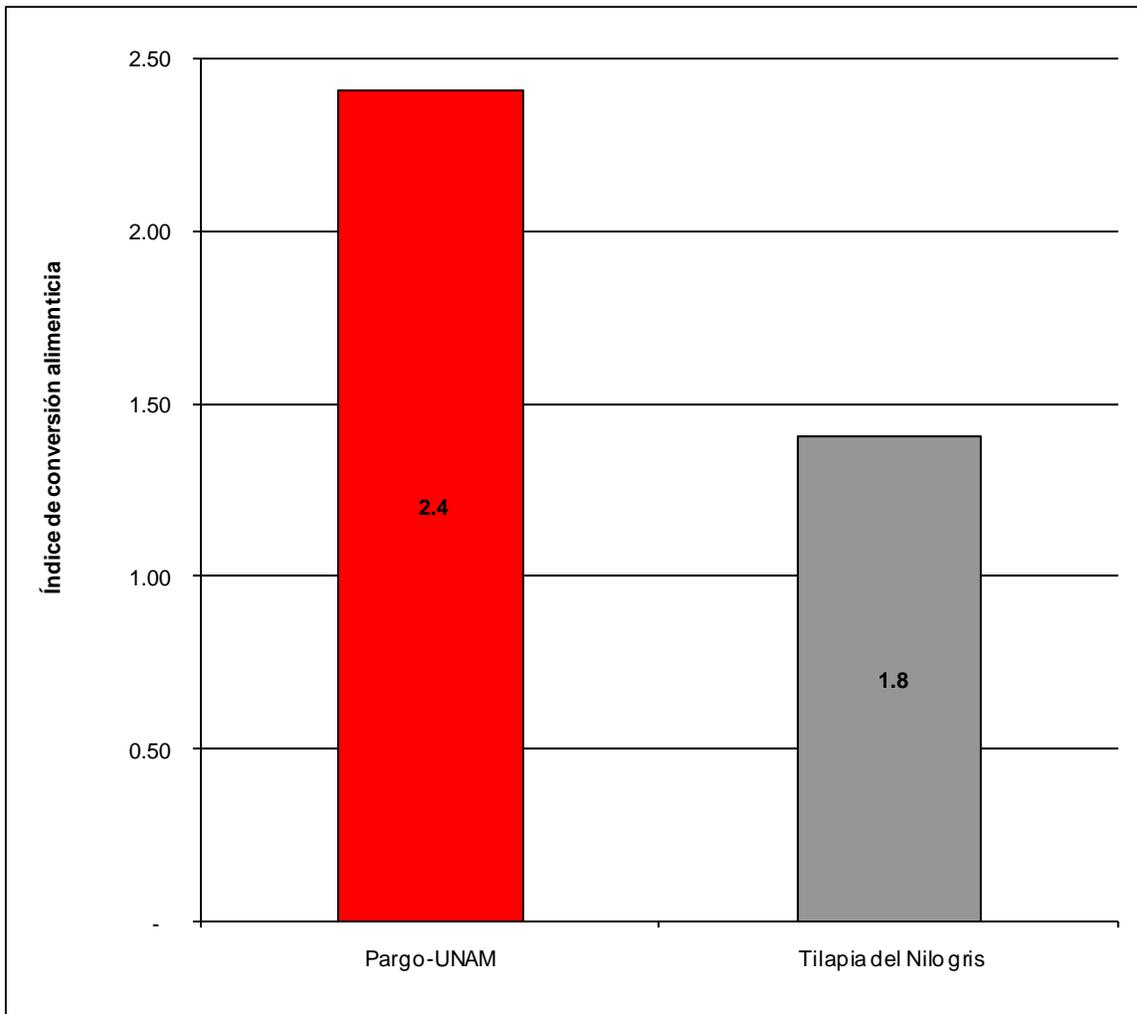


Figura 15. Índice de conversión alimenticia del Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo gris al término de la etapa de Crianza 2

6.3 Rasgos productivos en la etapa de Preengorda

Los valores de los rasgos productivos evaluados en la etapa de Preengorda para ambos grupos genéticos se muestran en el **Cuadro 15**.

Cuadro 15

Rasgos productivos de Pargo-UNAM y *Oreochromis niloticus* en la etapa de Preengorda

Variable	Grupo genético	
	Pargo-UNAM	Tilapia del Nilo gris
Supervivencia (%)	99.4 ^a ± 0.75	99.7 ^a ± 0.26
Peso inicial (g)	36.6 ^a ± 22.91	36.53 ^a ± 21.28
Peso final (g)	159.0 ^a ± 11.50	126.25 ^b ± 7.22
GDP (g/día)	1.67 ^a ± 0.10	1.23 ^b ± 0.07
Peso ganado (%)	337 ^a ± 30.97	245 ^b ± 9.27
TEC (%/día)	2.01 ^a ± 0.10	1.70 ^b ± 0.04
ICA	1.28 ^b ± 0.07	1.50 ^a ± 0.06

Medidas con el mismo superíndice no son diferentes ($P > 0.05$); GDP = Ganancia diaria de peso; TEC = Tasa específica de crecimiento; ICA = Índice de conversión alimenticia.

6.3.1 Supervivencia

No se encontraron diferencias significativas en los valores de supervivencia encontrados en ambas poblaciones (**Figura 16**).

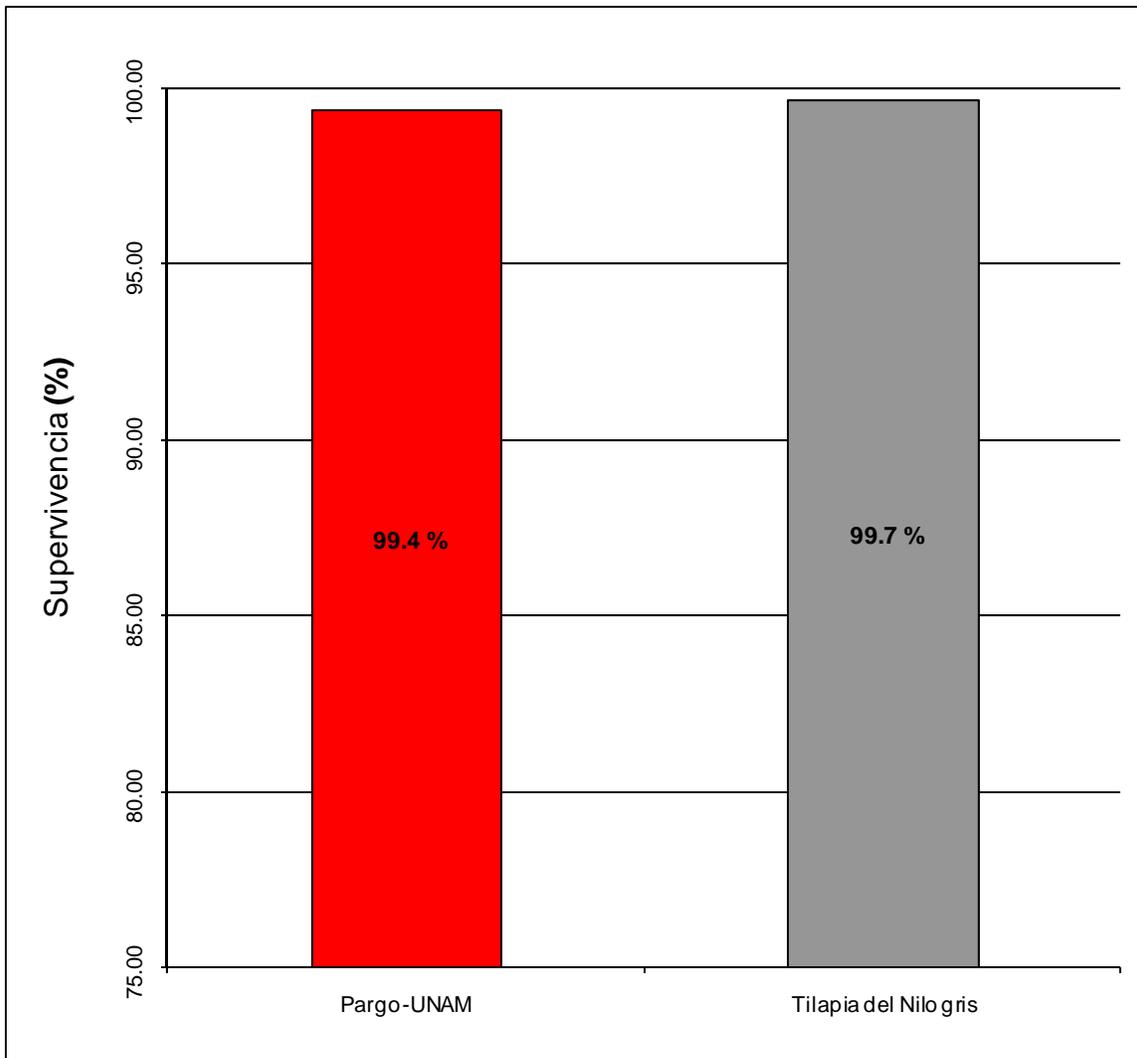


Figura 16. Supervivencia del Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo gris al término de la etapa de Preengorda

6.3.2 Peso final

Para la variable peso final, sí se presentaron diferencias significativas entre los grupos genéticos en esta etapa ($P < 0.05$), el Pargo-UNAM obtuvo el valor más alto (**Figura 17**).

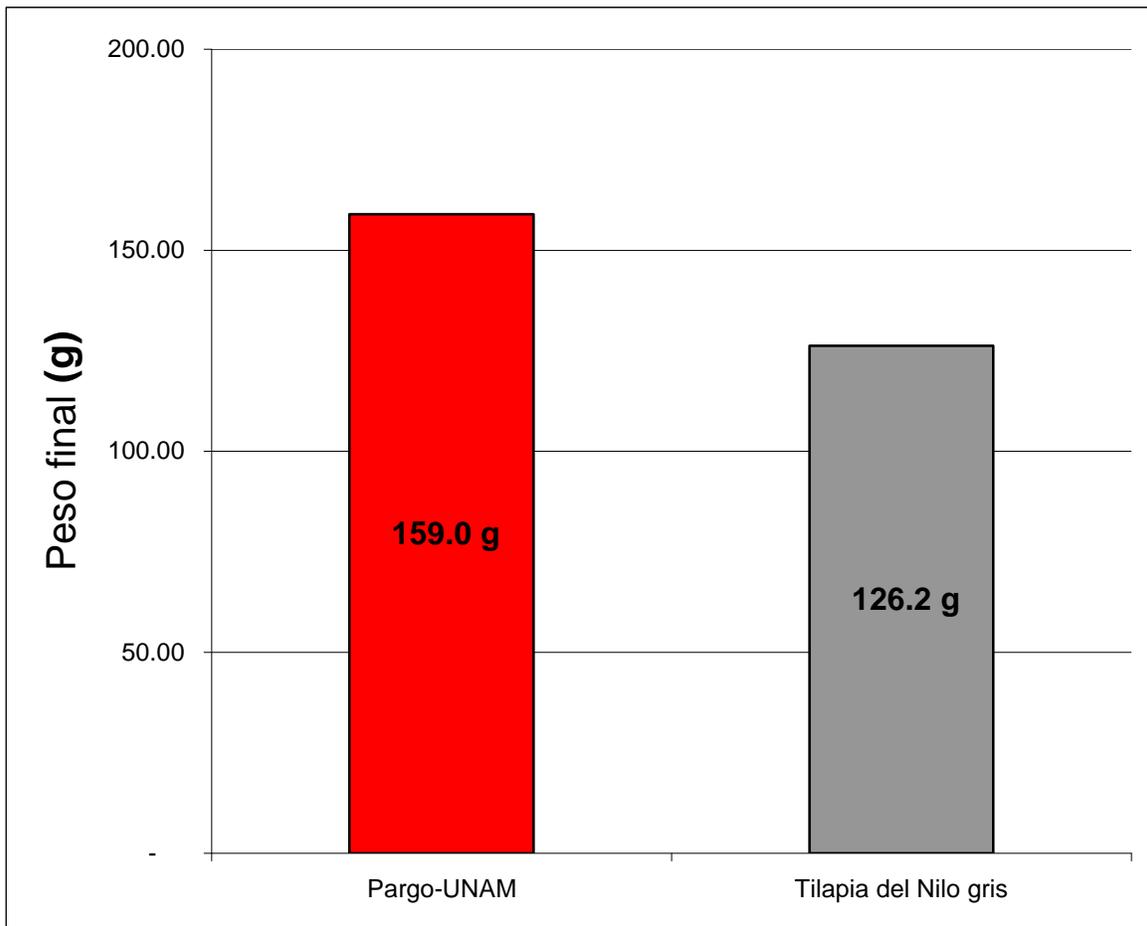


Figura 17. Peso final del Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo gris al término de la etapa de Preengorda

6.3.3 Proporción de hembras y machos al término de la Preengorda

Al evaluar el porcentaje de machos no se encontraron diferencias significativas entre las poblaciones ($P < 0.05$), el porcentaje de hembras y machos al final de esta etapa se muestra en el **Cuadro 16**.

Cuadro 16

Porcentaje de hembras y machos de cada grupo genético

SEXO	Pargo-UNAM (n=865)	Tilapia del Nilo gris (n=837)
Machos (%)	25 ^a	20 ^a
Hembras (%)	75 ^a	80 ^a

Medidas con el mismo superíndice no son diferentes ($P > 0.05$); n = población total que fue sexada

6.3.4 Índice de conversión alimenticia

Se presentaron diferencias significativas entre las poblaciones ($P < 0.05$), el Pargo-UNAM fue más eficiente que la tilapia del Nilo gris (**Figura 18**).

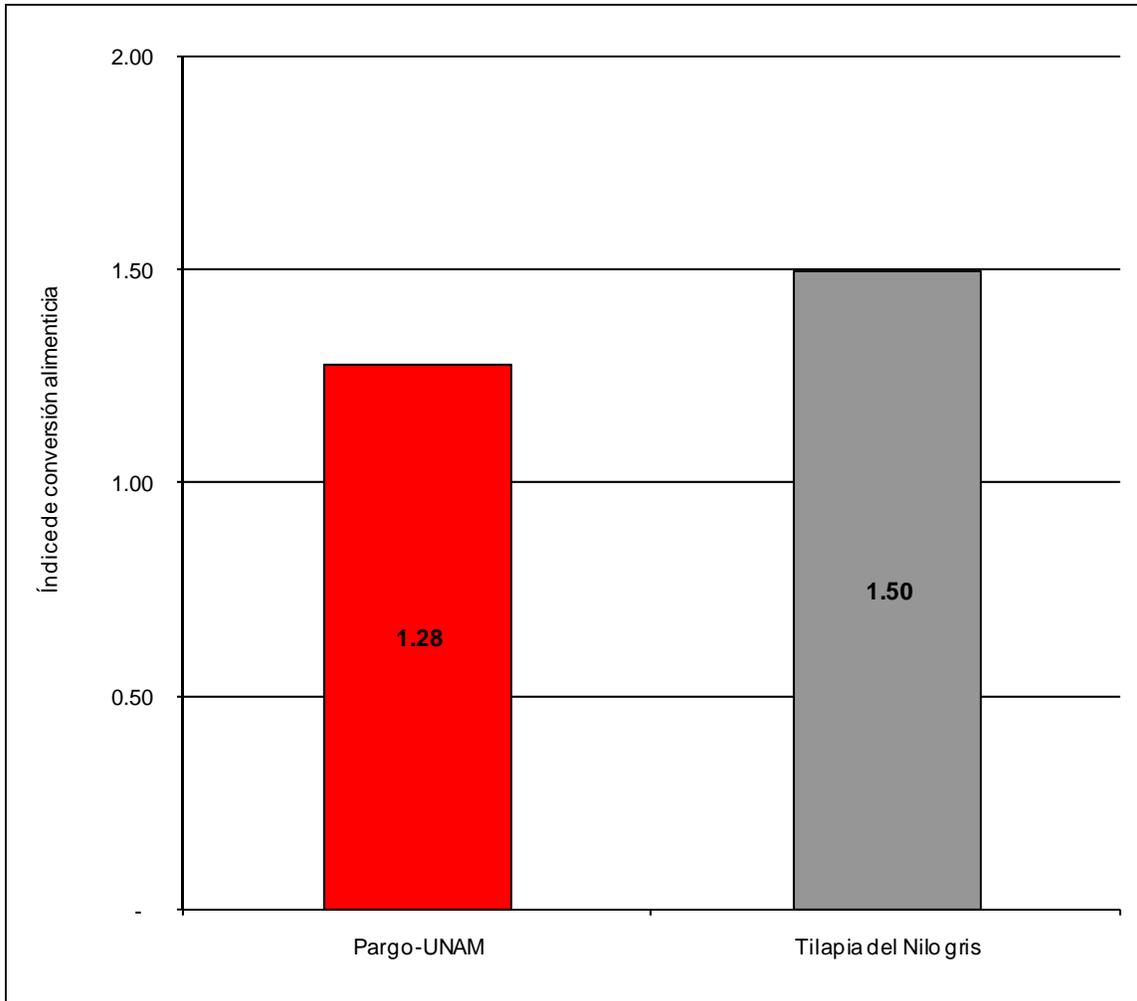


Figura 18. Índice de conversión alimenticia del Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo gris al término de la etapa de Preengorda

6.4 Rasgos productivos en la etapa de Engorda

Los valores de los rasgos productivos evaluados en la etapa de Engorda para los cuatro tratamientos se muestran en el **Cuadro 17**.

Cuadro 17

Rasgos productivos de los cuatro tratamientos en la etapa de Engorda

Variable	Grupo genético			
	P-U ♂	P-U ♀	Ng- ♂	Ng- ♀
Supervivencia (%)	96.88 ^a ± 4.1	99.3 ^a ± 1.25	98.13 ^a ± 1.25	98.75 ^a ± 2.5
Peso inicial (g)	231.59 ^a ± 59.5	177.4 ^{bc} ± 35.9	214.87 ^{ab} ± 42.6	133.28 ^c ± 44.6
Peso final (g)	623.40 ^a ± 86.7	435.38 ^b ± 118.6	650.06 ^a ± 104.91	323.64 ^c ± 59.31
GDP (g/día)	3.21 ^a ± 0.34	2.11 ^b ± 0.19	3.57 ^a ± 0.18	1.56 ^b ± 0.41
Peso ganado (%)	169.4 ^a ± 18.96	148.01 ^a ± 22.64	202.96 ^a ± 15.31	150.16 ^a ± 66.39
TEC (%/día)	0.81 ^a ± 0.06	0.74 ^a ± 0.08	0.91 ^a ± 0.04	0.73 ^a ± 0.20
Rendimiento en filete (%)	32.75 ^a ± 0.48	32.82 ^a ± 1.74	33.22 ^a ± 1.54	33.98 ^a ± 2.92

Medidas con el mismo superíndice no son diferentes ($P > 0.05$); Ng = *Oreochromis niloticus*; P-U = Pargo-UNAM; GDP = Ganancia diaria de peso; TEC = Tasa específica de crecimiento.

6.4.1 Supervivencia

Los cuatro tratamientos presentaron similitud en la supervivencia ($P>0.05$) (**Figura 19**).

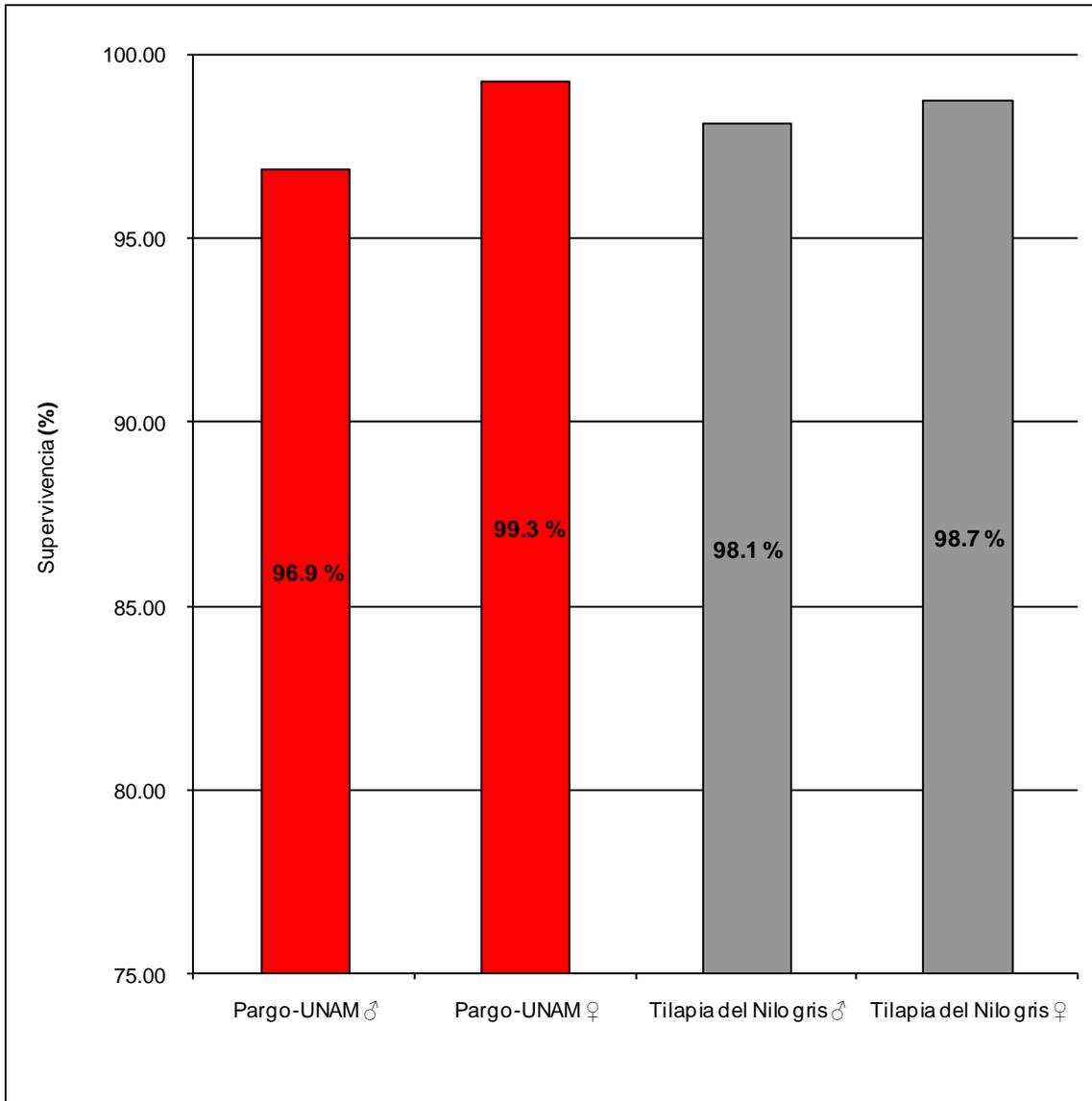


Figura 19. Supervivencia de los cuatro tratamientos al término de la etapa de Engorda

6.4.2 Peso final

El peso final entre los machos de ambos grupos genéticos fue similar, sin embargo hubo diferencia entre ellos y las hembras. También entre las hembras se encontró una diferencia significativa ($P < 0.05$), siendo el peso final para las de Pargo-UNAM mayor que para las de *O. niloticus* (**Figura 20**).

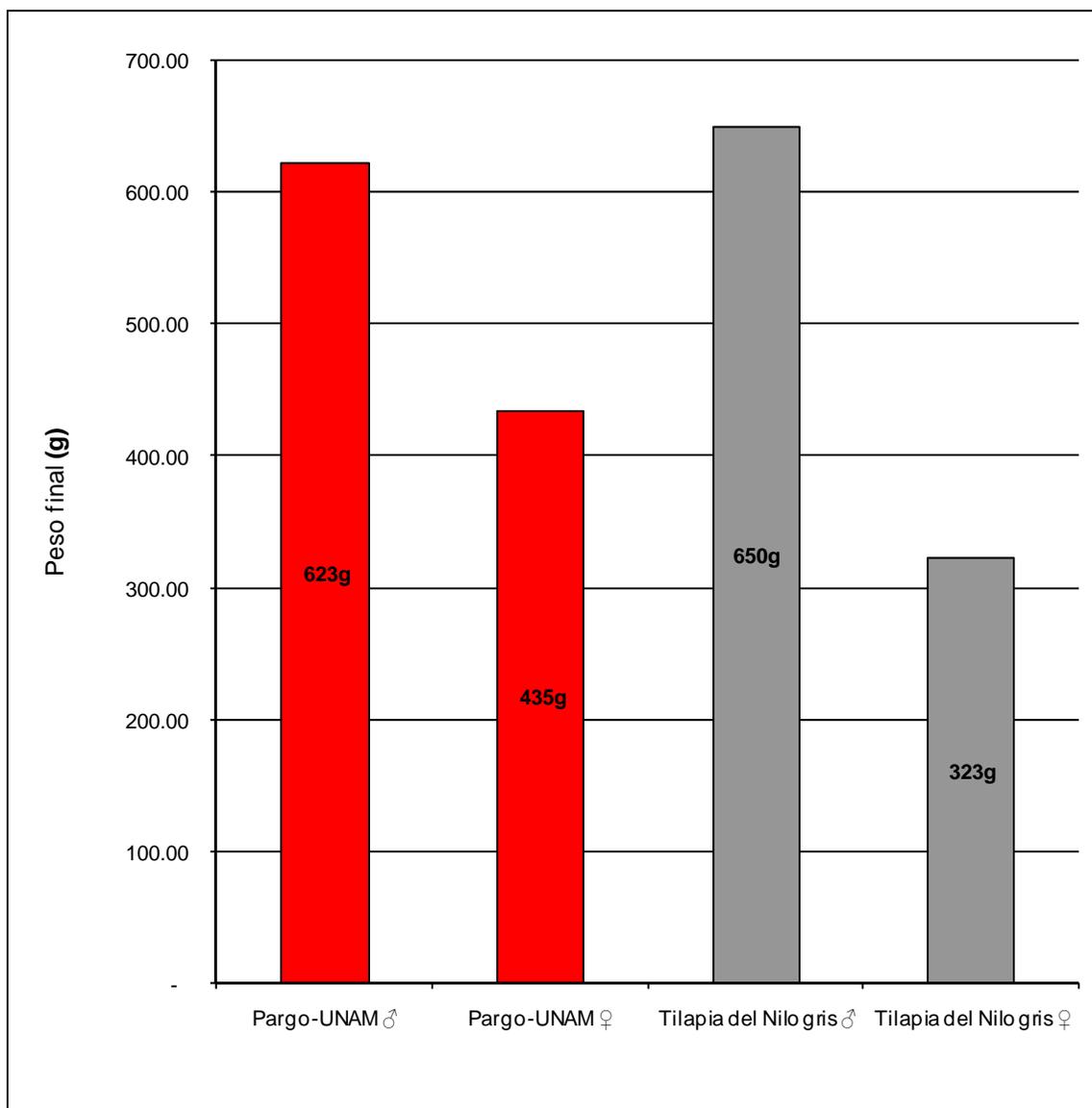


Figura 20. Peso final de los cuatro tratamientos al término de la etapa de Engorda.

6.4.3 Distribución de pesos finales

Las **Figuras 21 y 22**, muestran la distribución de los pesos finales para Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo gris.

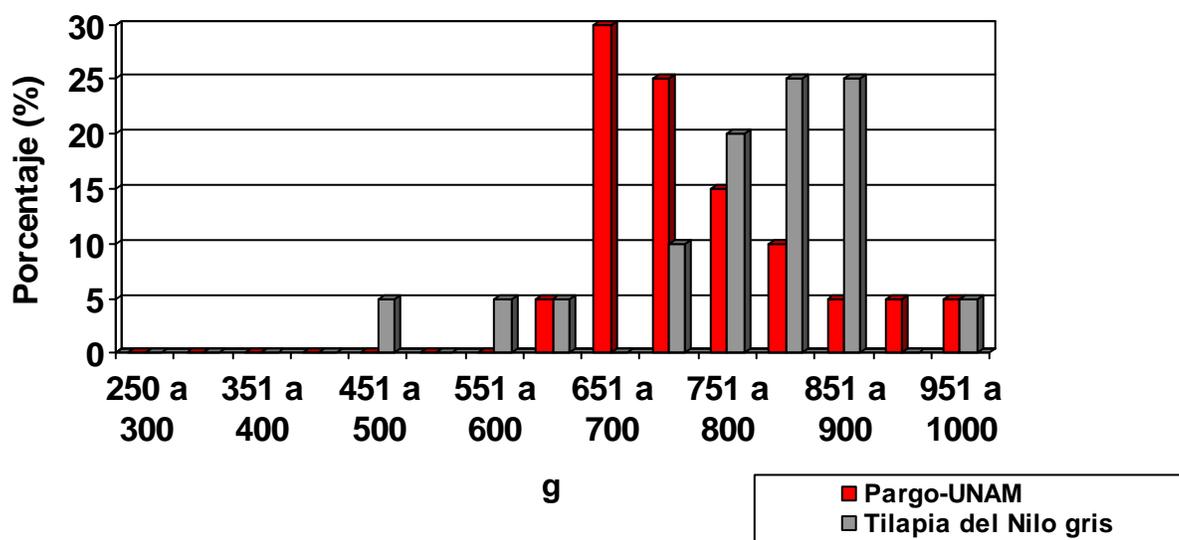


Figura 21. Distribución de los pesos finales de los machos de ambos grupos genéticos al término de 348 días de cultivo.

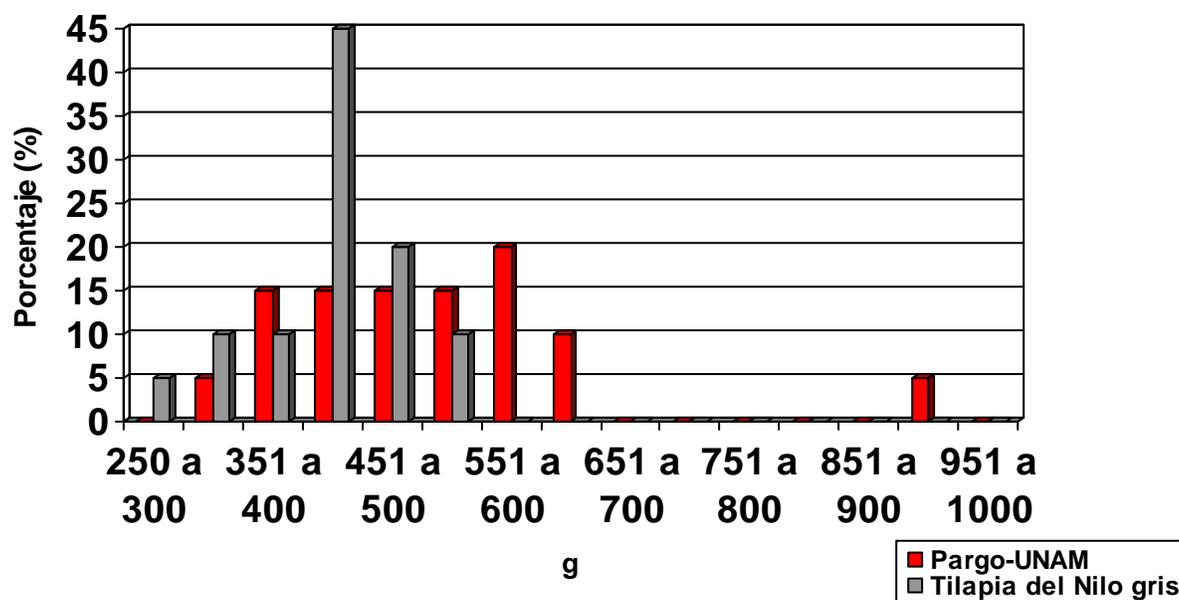


Figura 22. Distribución de los pesos finales de las hembras de ambos grupos genéticos al término de 348 días de cultivo.

6.4.4 Rendimiento en filete

Los cuatro tratamientos presentaron un rendimiento en filete similar ($P>0.05$) y por arriba del 32 % (**Figura 23**).

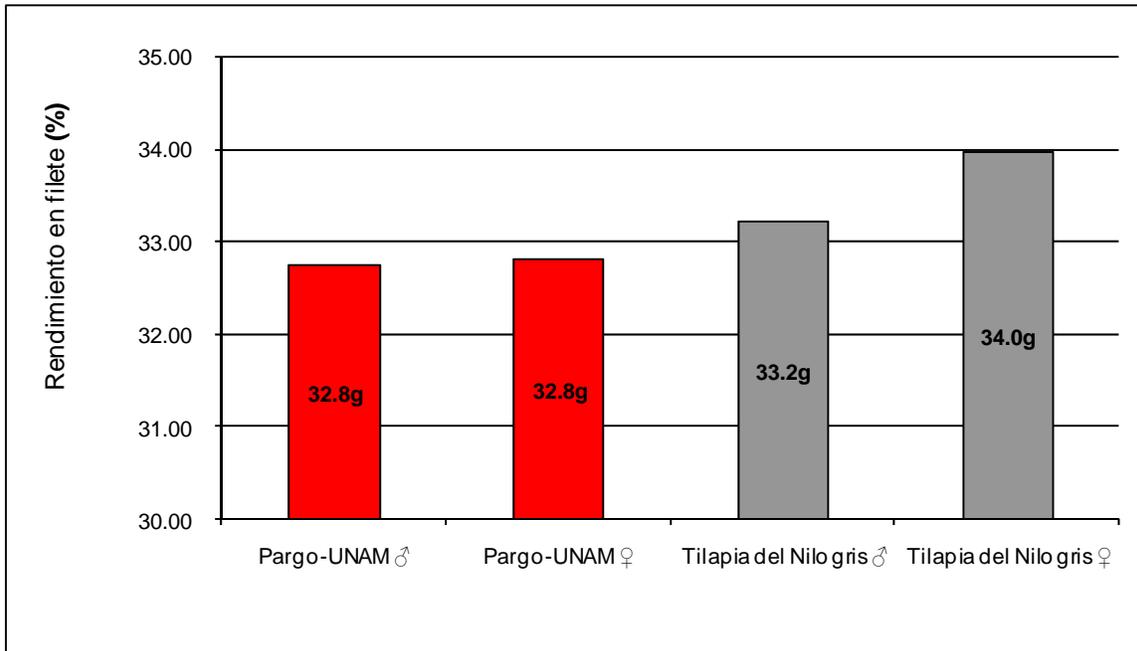


Figura 23. Rendimiento en filete de los cuatro tratamientos al término de la etapa de Engorda

6.5 Ritmo de crecimiento durante el cultivo

En la **Figura 24** se observa el aumento de peso de los grupos genéticos durante todo el cultivo, así como el tiempo en el que se vió disminuido debido al efecto negativo de la baja temperatura registrada en los meses de invierno. Para los meses subsecuentes, se observó un incremento en el crecimiento de los cuatro grupos genéticos, lo cual fue atribuido al incremento de la temperatura del agua en primavera y parte del verano.

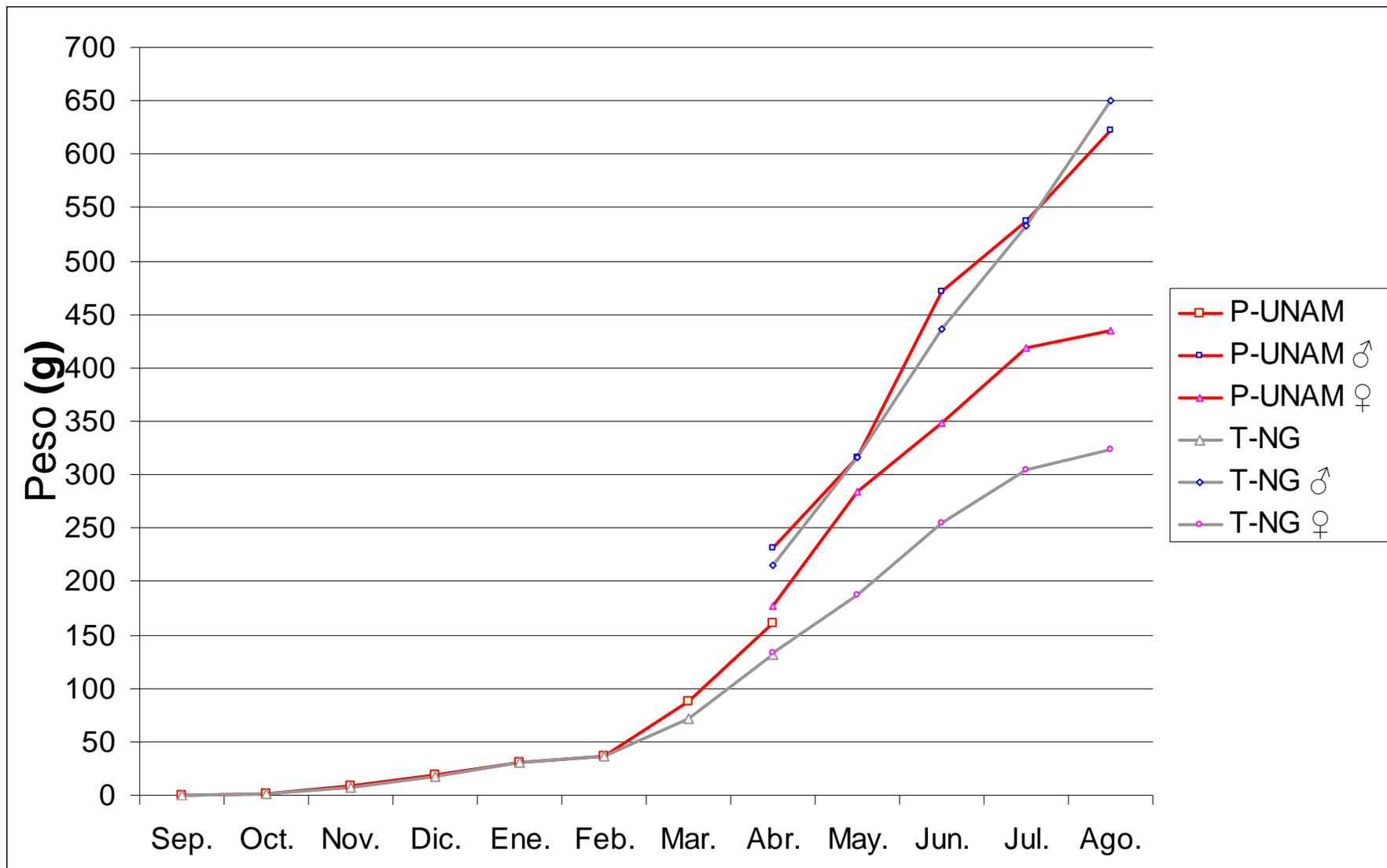


Figura 24. Ritmo de crecimiento de los cuatro tratamientos a lo largo del experimento

7.0 DISCUSIÓN

7.1 Supervivencia en la etapa de Crianza 1

En esta etapa, la supervivencia fue apenas superior al 60 % y similar para ambos grupos genéticos. En comparación con las otras etapas del presente experimento (Crianza 2, Preengorda y Engorda) fue la más baja, probablemente debido al canibalismo que se presenta en los primeros días después del nacimiento en tilapias. En las granjas comerciales esta situación es debida a la disparidad de tallas y a las elevadas densidades de población que se manejan.

En otros estudios de comparación productiva de tilapias, también se han presentado supervivencias menores en las etapas de crianza que en las de engorda, probablemente atribuido al canibalismo y manejo de las especies.^{6, 49, 63}

Al presentarse una supervivencia similar entre las crías de Pargo-UNAM y *Oreochromis niloticus* en las condiciones del presente experimento, se infiere que en el Pargo-UNAM no se manifiestan defectos asociados a su composición genética *per se* que resulten en una práctica no redituable en términos económicos para el productor.

7.2 Supervivencia en la etapa de Crianza 2

En esta etapa se encontró una supervivencia mayor en la tilapia del Nilo gris, en comparación con el Pargo-UNAM. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Morales ⁶ quien registró una supervivencia de 79.9 % para el Pargo-UNAM y 95.9 % para *O. niloticus*, el autor atribuyó la supervivencia inferior del Pargo-UNAM a la vulnerabilidad de las tilapias rojas a los depredadores, esto es por su color más llamativo en aguas con mucha transparencia.

Cabe destacar que entre el estudio de Morales (2006) ⁶ y el presente, la supervivencia del Pargo-UNAM fue menor casi en un 12 %, se considera que la diferencia pudo haber sido ocasionada aún por efecto del canibalismo entre las crías y no por depredación, en virtud a que los estanques contaban con una malla protectora anti-aves, además la baja temperatura del agua durante esta etapa provocó la aparición de un cuadro infeccioso por *Gyrodactylus spp.*, ante esta situación el Pargo-UNAM fue el grupo más afectado.

Este hecho coincide con lo reportado por Rubio y colaboradores, ⁶⁴ quienes al evaluar la prevalencia de este parásito en cuatro grupos genéticos de tilapia, entre ellos el Pargo-UNAM y *O. niloticus*, encontraron que la abundancia de *Gyrodactylus spp.* en el Pargo-UNAM fue significativamente mayor que en las demás especies durante los seis meses que duro su estudio. Sin embargo la supervivencia, fue considerada como aceptable para el productor, para el caso del Pargo-UNAM.

Salazar,⁴⁴ obtuvo supervivencias más elevadas, de 95.7 % y 95.6 % para el Pargo-UNAM y *O. niloticus* respectivamente, las cuales fueron similares. En un estudio de Ortiz⁴⁵ el Pargo-UNAM presentó una mayor supervivencia (93 %) que *O. niloticus* (72 %) en este caso el autor atribuyó los resultados a una mayor susceptibilidad de *O. niloticus* a la baja cantidad de oxígeno y elevada presencia de amonio en el agua de los estanques. Jiménez⁴ observó una supervivencia de 99.3 % en el Pargo-UNAM, mayor a la reportada en el presente estudio.

En etapas de juveniles la población sintética Pargo-UNAM fue más susceptible que *O. niloticus* probablemente debido a la baja temperatura del agua. Por lo tanto se sugiere que los periodos de engorda se empiezen al terminar los meses de invierno o de ser posible se regule la temperatura del agua para no ver disminuida la producción

7.3 Supervivencia en la etapa de Preengorda

Los valores encontrados para ambas poblaciones son similares y se consideran muy buenos si se toma en cuenta que los peces ya estuvieron dentro de las instalaciones de “La Presa” bajo las condiciones imperantes en una explotación comercial intensiva. Entre los factores determinantes para haber encontrado una diferencia tan amplia entre esta etapa y las anteriores se consideran: el peso inicial, la densidad de población, la similitud en peso entre los organismos y que los meses de invierno habían terminado. Estos resultados coinciden con los de Al-Hafed⁶³ ya que en una etapa similar reportó para *O. niloticus* una supervivencia del 100 %.

Ortiz ⁴⁵ al trabajar con las mismas poblaciones sí encontró diferencias, en el Pargo-UNAM fue del 89 % y en la tilapia del Nilo gris del 59 %, igual que en la etapa anterior el autor describe estos resultados como una evidencia de la resistencia de la población sintética Pargo-UNAM a la falta de oxígeno disuelto y la presencia de amonio en el agua.

7.4 Supervivencia en la etapa de Engorda

Los cuatro tratamientos presentaron una supervivencia alta y similar. En lo que respecta a los machos los resultados concuerdan con lo obtenidos por Morales, ⁶ Salazar ⁴⁴ y Ortiz ⁴⁵ quienes en esta etapa tampoco encontraron diferencias entre ambos grupos, en el primer caso fue de 98.7 % y del 100 %, en el segundo de 99.6 % y 99.5 % y en el último de 96 % y de 97 % para el Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo gris respectivamente. Riego ⁵ reportó para el Pargo-UNAM un valor de 90 %, ligeramente por debajo del encontrado en el presente. Las hembras tuvieron una excelente supervivencia pues fueron similares a los machos y muy cercanas al 100 % que se considera como lo ideal en cualquier explotación.

7.5 Peso final al término de la etapa de Crianza 1

El peso final al cabo de los primeros 30 días de experimento que también corresponden a los primeros 30 días de vida, fue similar entre ambos grupos genéticos y menor a 1.5 gramos, considerando el elevado porcentaje de peso ganado que ambas poblaciones obtuvieron en esta etapa (2213 % para Pargo-UNAM y 2474 % para tilapia del Nilo gris) se puede decir que es en esta parte del cultivo cuando ambos grupos genéticos

crecieron más rápido. Actualmente no existen estudios que hayan comparado el peso de estas poblaciones en un periodo de vida tan corto sin embargo con este resultado basta para decir que el Pargo-UNAM no presenta desventajas en cuanto a peso ganado en los primeros 30 días de vida con respecto a la tilapia del Nilo del gris.

7.6 Peso final al término de la etapa de Crianza 2

En lo que respecta a la variable peso final, no se observaron diferencias significativas entre el Pargo-UNAM y *O. niloticus*, esto concuerda con el estudio reportado por Ortiz ⁴⁵ quien en una etapa similar, con los mismos grupos genéticos, registró en el Pargo-UNAM un peso final de 43.6 g y para la tilapia del Nilo gris de 29.08 g.

Alonso y colaboradores, ³⁸ compararon el crecimiento de *O. niloticus* con *O. aureus* durante 12 meses, en condiciones climáticas similares a las de esta etapa. Al tercer mes obtuvieron un peso de 34.4 g para *O. niloticus*, parecido al observado en el presente.

Los resultados observados en esta investigación en lo referente a la similitud de peso final entre ambos grupos difieren de lo informado por Morales, ⁶ quien en la etapa de crianza, informa de un crecimiento superior en el Pargo-UNAM (38.5 g) en comparación con la tilapia del Nilo gris (32.2 g). En relación con el trabajo realizado por Jiménez ⁴, en el presente se observa un peso final superior (Pargo-UNAM 20.2 g), a pesar de que ambos estudios se realizaron en la temporada de invierno y con duración similar.

7.7 Peso final al término de la etapa de Preengorda

En la Preengorda el Pargo-UNAM obtuvo un peso final mayor que la tilapia del Nilo gris. Morales ⁶ en el periodo previo a la engorda encontró diferencias en las que también el Pargo-UNAM fue superior, se debe tomar en cuenta que en su trabajo hasta antes de la engorda se evaluaron juveniles no revertidos sexualmente.

Ortiz ⁴⁵ que trabajó con las mismas poblaciones pero revertidas a machos, no encontró diferencias significativas para estas especies en un periodo similar, sus resultados fueron: Pargo-UNAM 127 g y *O. niloticus* 109 g.

Al comparar los resultados se infiere que es hasta el término de esta etapa cuando la presencia de hembras marca una tendencia en el peso final. En los estudios donde se ha trabajado con poblaciones monosexo de machos, no se encuentran diferencias, mientras que en los que se han utilizado poblaciones de hembras y machos sí las hubo, en estos el mayor peso final fue para el Pargo-UNAM.

Para determinar si la magnitud de las diferencias entre los pesos finales de ambos grupos genéticos en esta etapa está influenciada por la proporción de sexos y/o por el peso de las hembras se calculó el porcentaje de machos y se pesó una muestra aleatoria de cada sexo de ambas poblaciones.

7.8 Peso final al término de la etapa de Engorda

Al término de la etapa de Engorda no se presentaron diferencias en el peso final de los machos de ambos grupos genéticos, sin embargo sí lo hubo entre éstos y las hembras, los valores mayores fueron para los machos. Se resalta el hecho de que entre las hembras sí se encontró una diferencia significativa, siendo el peso final de las de Pargo-UNAM (435 g) mayor que el de las de *O. niloticus* (323 g).

En los machos el crecimiento similar observado en el Pargo-UNAM con respecto a la tilapia del Nilo gris para esta etapa concuerda con lo encontrado por Morales ⁶ quien reporta similitud en el crecimiento de estos dos grupos genéticos siendo el peso final del Pargo-UNAM de 407.4 g y el de *O. niloticus* de 396.3 g.

Salazar ⁴⁴ tampoco encontró diferencia entre ambos grupos genéticos. El peso final del Pargo-UNAM fue de 656 g y el de la tilapia del Nilo gris de 550 g. Ortiz ⁴⁵ tampoco encontró diferencias significativas entre uno y otro y los valores aunque fueron inferiores, Pargo-UNAM (351.6 g) y *O. niloticus* (312.9 g) concuerdan con lo encontrado en el presente estudio.

Al analizar los resultados obtenidos en la presente investigación y comparándolas con las anteriores se considera que el rasgo peso final en el Pargo-UNAM ha sido mejorado debido al efecto genético de heterosis retenida, tal y como lo menciona Riego ⁵, quien evaluó este parámetro genético para esta misma población sintética en la etapa de

Engorda, y en la cual observó un porcentaje de retención de heterosis del 100.3% para el peso final, el cual fue de 324.6 g.

El peso comercial para la venta de tilapia entera está entre los 250 g y 350 g,⁶⁵ por esto se resalta que al concluir el octavo mes, tanto los machos de ambas poblaciones como las hembras de Pargo-UNAM ya habían alcanzado un peso de comercio. Los pesos al final del octavo mes fueron coincidentemente iguales para ambos grupos de machos (316 g) y de 284 g para las hembras de Pargo-UNAM. Las hembras de *O. niloticus* alcanzaron un peso cercano a la talla de comercio hasta finales del décimo mes (305 g).

Para las hembras de esta nueva población sintética este dato es importante pues indica que en caso de hacerse un cultivo mixto (machos y hembras) no habría problema alguno en cosechar al octavo mes, pues todos los peces capturados estarían en peso adecuado para su venta, lo que no ocurre en el caso de *O. niloticus*. Por esto a pesar de no haber diferencias entre los pesos finales de los machos podría decirse que el Pargo-UNAM presenta una ligera ventaja en lo referente a tiempo de engorda y por ende a costos de producción en comparación con la tilapia más cultivada a nivel mundial.

El hecho de que las hembras de Pargo-UNAM alcanzaron primero la talla de comercio y de que mantuvieran dicha ventaja durante el resto del cultivo podría deberse posiblemente a que alcanzan la madurez sexual posterior a las otras, sin embargo hacen falta más estudios al respecto para determinar el tiempo a la pubertad y madurez sexual de las hembras de Pargo-UNAM.

Otro aspecto de importancia es que en algunos mercados, los consumidores tienen preferencia por los peces de coloración roja, por su atractivo aspecto lo que repercute en que estas tilapias alcancen precios más elevados que las tilapias de color gris en algunos mercados.^{39, 58}

7.9 Índice de conversión alimenticia en la etapa de Crianza 1

El Índice de conversión alimenticia fue similar entre ambas poblaciones y menor a 1.5, al igual que en la variable peso final, actualmente no hay estudios que evalúen la eficiencia en la conversión alimenticia del Pargo-UNAM en los primeros 30 días de vida ni que comparen dichos resultados con los de la tilapia del Nilo gris, sin embargo si se considera lo recomendado por Akiyama,⁶⁶ quien indica que en alimentos para acuicultura una conversión alimenticia menor a 2.0 es lo aceptable se puede decir que el resultado es aceptable para ambos y que por lo tanto el Pargo-UNAM no presenta desventajas en cuanto a la eficiencia en la conversión alimenticia durante sus primeros días de vida.

7.10 Índice de conversión alimenticia en la etapa de Crianza 2

Se encontró diferencia en la eficiencia en la conversión alimenticia entre el Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo gris, considerando lo recomendado por Akiyama,⁶⁶ se puede decir que el valor del Pargo-UNAM estuvo elevado y que el de *O. niloticus* fue adecuado.

Salazar ⁴⁴ también encontró diferencias en esta etapa entre una población y otra a pesar de tener pesos muy similares (Pargo-UNAM 0.67 y *O. niloticus* 0.77).

Morales ⁶ en esta etapa no encontró diferencia entre estas mismas poblaciones, siendo coincidentemente para los dos de 0.67. Ortiz ⁴⁵ reportó una conversión alimenticia de 1.01 para ambos grupos, sin embargo debido al diseño experimental de su estudio no pudo calcularlo para cada población. Los valores en ambos trabajos son menores a los encontrados en este estudio.

Evaluando el Pargo-UNAM, Cano ⁴⁸ y Jiménez ⁴ obtuvieron una conversión de 0.8 y 1.2 respectivamente, estos resultados también son inferiores a lo encontrado en el presente estudio.

7.11 Índice de conversión alimenticia en la etapa de Preengorda

El índice de conversión alimenticia en esta etapa fue menor para el Pargo-UNAM que para *O. niloticus*, aunque ambos estuvieron dentro del rango aceptable para el cultivo de tilapia ⁶⁶ la diferencia podría deberse a que probablemente las hembras de Pargo-UNAM tuvieron una mejor eficiencia alimenticia que las de *O. niloticus* hasta esta etapa.

Ortiz ⁴⁵ que trabajó con las mismas poblaciones calculó el ICA para las mismas poblaciones simultáneamente ya que su diseño experimental no le permitió determinarlo por especie. El valor encontrado por este autor fue de 1.37, tomando en cuenta que ambas

poblaciones estaban mezcladas, se confirma que los resultados coinciden con los de este estudio. La conversión alimenticia que tuvieron los peces se debió en parte a la calidad y cantidad del alimento ofrecido, así como a la buena calidad del agua presente en esta etapa.

7.12 Porcentaje de machos al término de la Preengorda

Las tilapias por reproducción pertenecen a los gonocoristas que se caracterizan porque a partir de gónadas indiferenciadas desarrollan testículos u ovarios y mantienen un solo sexo a lo largo de su vida.⁶⁷ Esta diferenciación sexual está determinada por los cromosomas sexuales,⁹ y por la presencia de cromosomas autosomales y/o alelos múltiples.⁶⁸ Además hay factores ambientales como la temperatura del agua⁶⁹ que la pueden modificar. Por todo esto, la proporción macho-hembra no es algo constante en las poblaciones de tilapias.

Bajo las condiciones de este estudio al comparar los porcentajes de machos no se encontraron diferencias entre Pargo-UNAM y *O. niloticus*. Sin embargo Morales⁶ sí reportó diferencia entre ambas ya que en el caso del Pargo-UNAM el porcentaje de machos fue de 46.5 % y para *O. niloticus* de 23.2 %.

Al iniciar la etapa de Engorda se pesaron al azar 40 peces de cada sexo de ambos grupos genéticos, con este dato y la proporción encontrada, se deduce que en este estudio la diferencia en el peso final de ambas poblaciones en la Preengorda se debe más a que las

hembras de Pargo-UNAM tuvieron un mayor peso que las de *O. niloticus*, que al porcentaje de machos encontrado.

7.13 Rendimiento en filete de los cuatro tratamientos

En rendimiento en filete fue similar para los cuatro tratamientos, un valor por arriba del 32 % es aceptable para tilapias mayores a los 300 g.⁷⁰ Los resultados de los machos concuerdan con lo reportado por Salazar⁴⁴ y Ortiz,⁴⁵ pues estos autores tampoco encontraron diferencias entre ambos grupos genéticos, en el primer caso para ambos fue de 33.0 % y en el segundo el Pargo-UNAM obtuvo un 29.84 % y *O. niloticus* 28.75 %. Sin embargo los resultados del rendimiento en filete encontrados en el presente estudio difieren con lo encontrado por Morales⁶ quien encontró diferencias entre ambas poblaciones, pues en el Pargo-UNAM fue de 28.1 % y en la tilapia del Nilo gris de 30.7 %. Riego⁵ reporta un rendimiento en filete del 26.8 % para el Pargo-UNAM inferior a lo encontrado en el presente estudio.

En el caso de las hembras no se han realizado estudios sobre este rasgo productivo, sin embargo al no haber diferencias significativas entre hembras y machos y entre grupos genéticos se puede establecer que los valores encontrados para las hembras son excelentes y claramente demuestran la buena conformación de los peces desarrollados en este cultivo, propiciada por la disponibilidad constante de alimento y la constancia en la alimentación de los peces.

8.0 CONCLUSIONES

La similitud en el desempeño productivo (peso final, supervivencia y rendimiento en filete) que tuvieron los machos de Pargo-UNAM con respecto a los de la tilapia del Nilo gris (*Oreochromis niloticus*), al término de un periodo de crecimiento de 347 días, proyectan a la población sintética Pargo-UNAM como una alternativa viable en la piscicultura comercial de tilapia roja bajo condiciones de cultivo intensivo.

Además la población de hembras de Pargo-UNAM alcanzó la talla comercial antes que las hembras de *O. niloticus* y en el mismo mes que los machos de ambos grupos genéticos. Con esto se puede sugerir a los productores que así lo deseen que realicen cultivos mixtos de esta nueva población pues esto no implicaría retraso alguno en el tiempo de cultivo.

9.0 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Josupeit H, World supply situation and outlook for tilapia “World tilapia trade”. Proceedings of the Second International Technical & Trade Conference & Exposition on Tilapia; 2007 August 23-25; Kuala Lumpur Malaysia. Kuala Lumpur: Fish Marketing Information Service (Infofish) of the Food and Agriculture Organization (FAO), 2007:3-12.
2. Ramírez. GR, Sevilla HML. Fundamentación de la programación acuícola en México. En: Escamilla MM, Raña AP, editores. Memorias del Primer Curso Internacional de Producción de Tilapia 1996 Junio 20-22; México DF , 1992:1-6.
3. Muñoz CG, Garduño LM. Mejoramiento genético en tilapia. Sistemas de cruzamiento y mecanismos genéticos en la determinación del color. Veracruz: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, Sistema de Investigación del Golfo de México del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 2003.
4. Jiménez EA. Comportamiento productivo y heterosis retenida de la primera generación de una línea sintética de tres especies de tilapia (*Oreochromis aureus*, *O. niloticus*, *O. mossambicus*) en la zona Centro-Norte del estado de Veracruz (tesis de licenciatura). México (DF) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 2002.

5. Riego RM. Comportamiento productivo y heterosis retenida de una población sintética de tilapia ($\frac{1}{4}$ Rocky Mountain, $\frac{1}{4}$ *Oreochromis niloticus* y $\frac{1}{2}$ tilapia roja de Florida) durante la etapa de engorda (tesis de licenciatura). México (DF) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 2005.
6. Morales AV. Desempeño productivo de la tilapia del Nilo y del Pargo-UNAM durante la fase de crianza (tesis de licenciatura). Tlatlauquitepec (Puebla) México: Unidad Académica de Ingeniería Agrohídrica, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2006.
7. Morales DA, Biología, cultivo y pesquerías. México DF: AGT Editor S.A., 1991.
8. Boyd EC, Water Quality in Ponds for Aquaculture. Alabama: Birmingham Publishing Co., 1990.
9. Balarin JD, Hatton JP. Tilapia a Guide to Their Biology and Culture in Africa. Stirling: University of Stirling, 1979.
10. Garduño-Lugo M, Granados-Álvarez I, Olvera-Novoa M, Muñoz-Córdova G. Comparison of growth, fillet yield and proximate composition between Stirling Nile tilapia (wild type) (*Oreochromis niloticus*, Linneus) and red hybrid tilapia (Florida red tilapia x Stirling red *O. niloticus*) males. *Aquaculture Research* 2003; 34:1023-1028.

11. Morales DA, El cultivo de la tilapia en México Datos biológicos. México DF: Instituto Nacional de Pesca, 1974.
12. Morales DA, Biología, cultivo y comercialización de la tilapia. México DF: AGT editor S.A., 2003.
13. Schreck BC, Giannico RG, Feist WG, Contreras-Sánchez MW, Fernández-Pérez M, Hernández-Vidal U. Growth performance of a genetically improved line of Nile tilapia under tropical conditions in Tabasco, México. In: Contreras-Sánchez MW, Fitzsimmons editors. Proceedings of the Seventh International Symposium on Tilapia in Aquaculture 2006 September 6-8; Boca del Río (Veracruz) México, 2006:229-231.
14. Ribeiro NP, Pereira RR, Vargas L, Marçal NM, Regina MK, Garcia MN. Evaluation of the performance of Two Strains of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) In Mixed Raising Systems. Brazilian archives of biology and technology 2008; 51:531-538.
15. Liao IC, Chang IC. Studies of the feasibility of red tilapia culture. In: L. Fishelson and L. Yaron, editors. Proceedings of International Symposium on Tilapia in Aquaculture 1983 May 8-13; Nazareth Israel, 1983:524-543.
16. Leao V, Silva P, Machado CP, Dalacorte P. Comparacao do desempenho productivo de machos revertidos de tilapia nilotica, *Oreochromis niloticus* (Linhagem Tailandesa) e de tilapia vermelha tetrahibrida (Linhagem de israel). Tilapia Aquaculture 2000;1:83-87.

17. Eknath AE, Tayamen MM, Palada de Vera MS, Danting JC, Reyes RA, Dionisio EE *et al.* Genetic Improvement of farmed tilapias: growth performance of eight strains of *Oreochromis niloticus* tested in different farm environments. *Aquaculture* 1993; 111:171-188.
18. Bentsen HB, Eknath AE, Palada de Vera MS, 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.
19. Circa AV, Eknath AE, Taduan AG. Genetic Improvement of farmed tilapias: the growth performance of gift strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in rice-fish environments. *Aquaculture* 1995; 137:329-330.
20. Hussain GH, Kohinoor AH, Islam MS, Mahata SC, Ali MZ, Tanu MB *et al.* Genetic Evaluation of GIFT and Existing Strains of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* L., Under On-Station and On-Farm Conditions in Bangladesh. *Asian Fisheries Science* 2000; 13:117-126.
21. Scott AG, Penman DJ, Beardmore JA, Skibinski DO. The “YY” Supermale in *Oreochromis niloticus* (L.) and its Potential in Aquaculture. *Aquaculture* 1989; 78:237-251.

22. Mair GC, Capili JB, Beardmore JA, Skibinski DO. The YY male technology for production of monosex male tilapia, *Oreochromis niloticus* L. In: DJ Penman, N. Roongrati and B.J. McAndrew, editors. Proceedings of the International Workshop on Genetics in Aquaculture and Fisheries Management 1992 31 August-4 September; Bangkok Thailand, 1992:93-95.
23. Mair GC, Abukay JS, Beardmore JA, Skibinski DO. Growth performance trials of genetically male tilapia (GMT) derived from YY-males in *Oreochromis niloticus* L.: On station comparisons with mixed sex and reversed male populations. *Aquaculture* 1995; 137:313-332.
24. Mair GC, Abukay JS, Skibinski DO, Abella TA, Beardmore JA. Genetic manipulation of sex ratio for the large-scale production of all-male tilapia *Oreochromis niloticus* L. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 1997; 54:396-404.
25. Tuan PA, Mair GC, Little DC, Beardmore JA. Sex determination and the feasibility of genetically male tilapia production in the Thai-Chiltrada strain of *Oreochromis niloticus* (L). *Aquaculture* 1999; 173:257-269.
26. Bolivar RB, Newkirk GF. Response to selection for body weight of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in different culture environments. In: Fitzsimmons K, Filho JC, editors. Proceedings of Fifthth International Symposium on Tilapia in Aquaculture 2000 September 3-7; Río de Janeiro Brazil, 2000:12-23.

27. Ridha MT. Evaluation of Growth Performance of Nonimproved and Improved Strains of the Nile Tilapia (L.), *Oreochromis niloticus*. Journal of the World Aquaculture Society 2006; 37:218-223.
28. Eguiar R, León R, Hernandez I. Crecimiento en estanques de cemento y de tierra de tres especies del genero tilapia. Revista Latinoamericana de Acuicultura 1982; 11:6-9.
29. Muñoz-Córdova G, Garduño-Lugo M. Comparación del crecimiento entre *Oreochromis niloticus*, *O. mossambicus* y su híbrido bajo condiciones de cultivo. Veterinaria México 1994; 25:323-326.
30. 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.
31. Macaranas JM, Mather PB, Lal 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. Kamal AH, Mair GC. Salinity tolerance in superior genotypes of tilapia, *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis mossambicus* and their hybrids. Aquaculture 2005; 247:189-201.
33. 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.

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 LM, Muñoz CG. Crecimiento de las líneas rojas de dos especies de tilapia durante la etapa de crianza. VII Reunión científica del sector agropecuario y forestal del estado de Veracruz 1994; Veracruz (Veracruz) México; 1996:166.
36. Sánchez M, Muñoz CG, Garduño LM, Sánchez BF. Desempeño productivo de dos especies de tilapia roja en una granja piscícola. VIII Reunión científica del sector agropecuario y forestal del estado de Veracruz 1995; Veracruz (Veracruz) México; 1995:309.
37. Garduño LM, Muñoz CG, Landa DA. Parámetros productivos de dos especies rojas de tilapia. IX Reunión científica del sector agropecuario y forestal del estado de Veracruz 1996; Veracruz (Veracruz) México; 1996:160.
38. Alonso SE. y González JN. Comparación de la producción intensiva entre tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus* L.) y tilapia blanca (*Oreochromis aureus*) en estanques plastificados, ubicados en el lago de Texcoco (tesis de licenciatura). Chapingo (Estado de México) México: Departamento de Enseñanza e Investigación en Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, 2005.

39. Muñoz-Córdova G, Garduño-Lugo M. Evaluación del crecimiento de cuatro fenotipos de la mojarra tilapia (*Oreochromis niloticus*.) *Oceanología* 1996; 2(10):143-152.
40. Johansen SR. Comparación de crecimiento de la línea roja y gris de *Oreochromis niloticus* (L) monosexada, bajo condiciones de cultivo semi intensivo en el municipio de Tlapacoyan, Veracruz (tesis de licenciatura). Tuxpan (Veracruz) México: Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, 1994.
41. McAndrew BJ, Roubal FR, Roberts RJ, Bullock AM, Ewen IM. The genetics and histology of red, blond and associated color variants in *Oreochromis niloticus*. *Genetica* 1988; 76:127-137.
42. Wing-Keong N, Rosdiana H. Performance of genetically improved Nile tilapia compared with red hybrid tilapia fed diets containing two protein levels. *Aquaculture Research* 2007; 38:965-972.
43. 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.
44. Salazar UM. Desempeño productivo de cuatro grupos genéticos de tilapia (*Oreochromis* spp.) En la zona centro-norte del estado de Veracruz (tesis licenciatura). Tlatlauquitepec (Puebla) México: Unidad Académica de Ingeniería Agrohidráulica, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2008.

45. Ortiz RF. Desempeño productivo de la tilapia del Nilo y la población sintética Pargo-UNAM bajo cultivo intensivo en una explotación comercial en el estado de Veracruz (tesis de licenciatura). México (DF) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 2008.
46. Hickling CF. The Malacca tilapia hybrid. *Journal of Genetics* 1960; 57:1-10.
47. Muñoz CG. Heterosis, habilidad combinatoria, proporción de sexos y segregación del color rojo en un cruzamiento dialélico completo de tres especies de tilapia (*Oreochromis niloticus*, *O. mossambicus* y *O. aureus*) (tesis de maestría). México (DF) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 2000.
48. 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 licenciatura). Xalapa (Veracruz) México: Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, 2002.
49. Velázquez LM. Heterosis y desempeño productivo del híbrido de *Oreochromis niloticus* rosa (Linnaeus, 1757) y *O. mossambicus* roja (Peters, 1852) (tesis de licenciatura). Tecamachalco (Puebla) México: Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2006.

50. Pandian TJ, Sheela SG. Hormonal induction of sex reversal in fish. *Aquaculture* 1995; 138:1-22.
51. 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.
52. Hiott AE, Phelps RP. Effects of initial age and size on sex reversal of *Oreochromis niloticus* fry using methyltestosterone. *Aquaculture* 1993; 112:301-308.
53. Hopher B, Pruginin Y. Cultivo de Peces Comerciales. Basado en las Experiencias de las Granjas Piscícolas de Israel. México DF: Limusa, 1991.
54. National Research Council (NRC). Nutrient Requirements of Fish. Washington DC: National Academy Press, 1993.
55. Jauncey K, Ross B. A guide to Tilapia Feeds and Feeding. Stirling: Institute of Aquaculture, University of Stirling, 1982.
56. Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Official Methods of Analysis. 14th ed. Virginia: AOAC Press, 1990.
57. Brown L. Aquaculture for Veterinarians, Fish Husbandry and Medicine. United Kingdom: Pergamon Press, 1993.

58. Garduño LM. 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, Instituto Politécnico Nacional, 2003.
59. Olivares SE. Paquete de Diseños Experimentales FAUANL (programa de cómputo) Versión 2.4. Nuevo León: Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, 1993.
60. Steel RGD, Torrie JH. Principles and Procedures of Statistics. A biometrical approach. 2nd ed. Singapore: McGraw-Hill, 1981.
61. SAS Institute Inc. SAS/STAT Users Guide Release (computer program) version 6.03, Cary (NC) USA: SAS Institute Inc., 1988.
62. Zar JH. Biostatistical Analysis. New Jersey: Prentice-Hall, 1984.
63. AlHafedh YS. Effects of dietary protein on growth and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. Aquaculture Research 1999; 30:385-393.
64. Rubio-Godoy, Muñoz CG, Garduño-Lugo M, Mercado-Vidal G, Salazar UM. Gyrodactylus sp. Infection in Four Genetic Groups of Tilapia Farmed in Veracruz, México. Proceedings of the the first North American Parasitology congress From Alaska to Chiapas; 2007 June 21-25; Mérida (Yucatán) México. USA: American Society of

Parasitologists, MEX: Sociedad Mexicana de Parasitología, CAN: Parasitology section of the Canadian Society of Zoologists, 2007: 249.

65. Arredondo FJ, Lozano SG. El cultivo de tilapia en México. En: Escamilla MM, Raña AP, editores. Memorias del Primer Curso Internacional de Producción de Tilapia 1996 Junio 20-22; México DF , 1992:7-16.
66. Akiyama DM. Future considerations for the aquaculture feed industry. In: Akiyama DM, Ronne KHT, editors. American Soybean Association. Proceedings of the aquaculture feed processing and nutrition workshop 1991 Sep 6-10; Singapore, Republic of Singapore. 1991:5-9.
67. Devlin HR, Nagahama Y. Sex determination and sex differentiation in fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences. *Aquaculture* 2002; 208:191-364.
68. Wohlfarth GW, Wedekind H. The heredity of sex determination in tilapias. *Aquaculture* 1991; 92:143-156.
69. Baroiller JF. Temperature sex determination in two tilapia, *Oreochromis niloticus* and the red tilapia (red Florida strain): Effect of high or low temperature. Proceedings of the Fifth International Symposium on the Reproductive Physiology of Fish; 1995 July 2-8; Austin Texas USA, 1995:158-160.

70. Souza MLR, Maranhao TCF. Rendimiento de carcaça, file e subproductos da filetagem da tilapia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L), em função do peso corporal. Acta Scientiarum 2001; 23:897-901.