



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL FILETE DE SEIS
GRUPOS GENÉTICOS DE TILAPIA
(*Oreochromis spp.*)**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA
P R E S E N T A :
OLGA LILIANA RUBIO MEJÍA

ASESORRES :

DR. Mario Garduño Lugo
MPA Sergio Ángeles Campos



México D.F.

Febrero de 2007



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis a aquellas personas que comparten la pasión por la acuicultura, deseo que sea útil para las generaciones actuales y futuras que se interesen en una actividad tan noble como lo es el cultivo de peces, principalmente de tilapias.

Me llena de alegría el corazón el ver terminado uno de mis más grandes logros que he alcanzado gracias al apoyo y esmero de las personas que me dieron la vida: Olga Mejía y Omar Rubio, porque es éste el reflejo de su trabajo y dedicación, así como de los sacrificios que han hecho por darme la gran herencia del conocimiento.

Comparto también esta dicha con mis hermanas, Adalyz, Edith y Elizabeth Rubio, quienes han sido un digno ejemplo como personas y profesionistas, mostrándome el camino hacia el éxito y superación. Hemos sido compañeras y cómplices en varias ocasiones, tanto en los momentos felices como en los adversos, hoy quiero celebrar con ustedes este momento que marca de manera maravillosa mi sendero como estudiante.

Ésta obra también está dedicada a todas las personas que creyeron en mi, que me ayudaron a levantarme las veces que caí, que me dieron sabios consejos para mejorar en todos los aspectos, que se tomaron un instante para escucharme, que destinaron parte de su tiempo para ampliar mi conocimiento y que me han acompañado. A las familias Rubio y Mejía, a mis profesores y a mis amigos, me encantaría mencionarlos a todos pero creo que nunca acabaría.

Por último dedico este trabajo a la institución de la cual orgullosamente soy parte, me refiero a la máxima casa de estudios, la Universidad Nacional Autónoma de México y más específicamente a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, espero poder compensar con ésta investigación su apoyo e inversión en mi formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente doy gracias a Dios por permitirme la maravillosa experiencia de haber concluido la carrera de Médico Veterinario Zootecnista, por indicarme el camino hacia la acuacultura y por culminar satisfactoriamente una etapa más de mi vida en la Universidad Nacional Autónoma de México - Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Agradezco el apoyo moral, afectivo y financiero, de mis padres Olga Mejía y Omar Rubio y mis hermanas Adalyz, Edith y Elizabeth Rubio. Gracias por dedicarme su tiempo y por esmerarse en hacer de mi una persona de bien para la sociedad. Éste logro nunca hubiera sido posible sin sus estímulos.

Gracias a Víctor Hugo Severino por compartir conmigo esta maravillosa etapa, apoyándome y motivándome para poder alcanzar una meta tan anhelada y por estar cerca en los momentos difíciles.

Agradezco también a los integrantes del Laboratorio del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica por capacitarme y por acogerme el tiempo en cual realicé las pruebas para el presente estudio.

Mil gracias al Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical por albergarme en su nicho el tiempo de la redacción de la tesis, y a mi asesor, amigo y maestro Mario Garduño, a quien agradezco infinitamente su dedicación, tiempo y empeño para lograr un trabajo de buen nivel y por exigirme ser mejor día con día.

De igual manera estoy infinitamente agradecida con mis sinodales, gracias por sus sugerencias y consejos, pues la única manera de concluir un trabajo de tesis es actuando en conjunto y sus aportes fueron de gran utilidad.

Por último agradezco al Dr. Francisco Trigo actual director de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por su apoyo moral y financiero.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
2. ANTECEDENTES	3
2.1 Alimentación y nutrición de las tilapias	4
2.2 Características fisicoquímicas del agua	7
2.3 Composición química del filete de los peces	7
2.4 Parámetros productivos	8
2.5 Variedad de colores en las tilapias	10
3. OBJETIVOS	11
4. HIPÓTESIS	11
5. MATERIAL Y MÉTODOS	12
5.1 Fase I: Obtención del material biológico	12
5.2 Grupos genéticos utilizados	13
5.3 Desarrollo de los peces	15
5.4 Técnica empleada para la obtención del filete en tilapias	15

5.5 Fase II. Análisis químicos de los filetes	16
5.6 Análisis estadísticos	18
6. RESULTADOS	19
7. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	20
7.1 Composición química del filete	20
7.2 Humedad	20
7.3 Proteína	21
7.4 Lípidos	21
7.5 Ceniza	22
8. LITERATURA	23

ÍNDICE DE FIGURAS Y CUADROS

Figura	Página
1. Localización del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical	14
2. Ejemplar de <i>Oreochromis niloticus</i> gris o de tipo silvestre	14
3. Ejemplar de <i>Oreochromis niloticus</i> rosa	14
4. Ejemplar de <i>Oreochromis mossambicus</i>	14
5. Ejemplares híbridos obtenidos de la cruce de <i>O. niloticus</i> rosa ♂ X <i>O. mossambicus</i> ♀ y su cruce recíproco <i>O. mossambicus</i> ♂ X <i>Oreochromis. niloticus</i> rosa ♀	14
6. Ejemplar de Pargo-UNAM	14
7. Estufa empleada para la deshidratación de las muestras	17
8. Aparato de Kjeldahl, fase digestiva	17
9. Aparato de Soxhlet	17
10. Mufla empleada para la obtención de cenizas	17
Cuadro	
1. Composición química del alimento empleado durante las fases de crianza y engorda	13
2. Característica fisicoquímicas del agua durante las fases de crianza y engorda	15
3. Composición química del filete de seis grupos genéticos de tilapias	19

RUBIO MEJÍA OLGA LILIANA. Composición química del filete de seis grupos genéticos de tilapia (*Oreochromis* spp.) (Bajo la dirección de: Mario Garduño Lugo y Sergio Ángeles Campos)

RESUMEN

Se ha observado que la composición química de la masa muscular de los peces, puede ser influenciada por factores como la alimentación, características físico-químicas del agua, edad y sexo de los peces. Sin embargo, existen escasos estudios en donde se relacione la composición química de los peces con su grupo genético *per se*. Se evaluó la composición química del filete de seis grupos genéticos de tilapia: *Oreochromis niloticus* de tipo silvestre (NG), *O. niloticus* rosa (NR), *O. mossambicus* roja (MM), *O. niloticus* rosa ♂ x *O. mossambicus* roja ♀ (NM), su cruce recíproco *O. mossambicus* rojo ♂ x *O. niloticus* rosa ♀ (MN) y la población sintética Pargo-UNAM (PU). Se determinó mediante métodos estandarizados (AOAC, 1990) el contenido de humedad, proteína cruda, lípidos y ceniza. Se analizaron por triplicado 16 filetes de cada grupo genético para cada una de las pruebas correspondientes. El contenido mayor de humedad (79.1%) se observó en el grupo genético NM, y el menor (77.1%) en MM, éste a su vez presentó la mayor proporción de proteína (17.6%) y NG (16.3%) la menor, el mayor contenido de lípidos fue para MM (2.93%) y el menor (1.53%) correspondió a NM. En cuanto a la proporción de cenizas el mayor valor fue para MN (1.27%) y el menor (1.15%) correspondió al grupo NM. Se discute la conveniencia de identificar y posiblemente clasificar los grupos genéticos comparados por la composición química de su filete.

Palabras clave: *Oreochromis*, tilapia, composición química.

1. INTRODUCCIÓN

Se ha observado que la composición química de la masa muscular de los peces, puede ser influenciada por el sexo, la edad del pez, y factores externos como la temperatura y salinidad del agua.^{1,2} También se ha encontrado una relación estrecha con el tipo y nivel de inclusión de los ingredientes empleados en los alimentos.^{1,3,4,5,6} Los estudios mencionados anteriormente, se han realizado en salmónidos principalmente. Sin embargo en tilapias la información es limitada, ya que existen pocos estudios en donde se relacione la composición química con el grupo genético del pez.

Existen estudios donde se ha relacionado el grupo genético de un pez con la estructura química de su carne. Shearer⁶ quien al llevar a cabo una revisión de literatura, mencionó una serie de estudios con salmónidos en donde la composición química fue atribuida a efectos genéticos, sin embargo cuestionó la metodología del análisis empleado por los distintos autores. En el caso de las tilapias, Foltz *et. al.*⁷ informaron que las hembras adultas de *O. mossambicus* contenían mayor cantidad de grasa en el cuerpo en comparación con hembras más jóvenes y machos de cualquier edad. Garduño⁸ al comparar *O. niloticus* de color silvestre con el híbrido rojo de la crucea entre machos de Tilapia Roja de Florida con hembras de *O. niloticus* roja, observó que los híbridos presentaron en su filete una cantidad menor de lípidos (0.33%) comparado con *O. niloticus* (2.33%). Dichos autores consideraron que la variación en el contenido de lípidos fue atribuida al genotipo *per se*, en virtud a que los peces que estudiaron, se cultivaron juntos en los mismos estanques y se les proporcionó la misma dieta a lo largo del experimento.

Al considerar la importancia de las tilapias, sus principales especies de cultivo y su creciente contribución como alternativa de alimentación para el ser humano, se llevó a cabo el presente estudio para determinar si existían diferencias en la composición química entre seis grupos genéticos de tilapia.

2. ANTECEDENTES

México cuenta con aproximadamente 11,592.77 km de litoral, una plataforma continental de 357,795 km² y 2'946,825 km² de Zona Económica Exclusiva con aproximadamente 1'500,000 ha de lagunas costeras, esteros y bahías litorales con características oceanográficas adecuadas para desarrollar la acuicultura, aunado a la gran diversidad de especies nativas tropicales y subtropicales susceptibles de ser explotables, con potencial pesquero y acuícola de alta demanda en el mercado nacional e internacional, por lo que se asevera que es un país con alto potencial de desarrollo.⁹ El cultivo de organismos marinos, específicamente peces, representa una alternativa económica para México, con lo anterior podemos decir que es indudable que el éxito de la acuicultura tanto como unidad de producción como en el terreno de la investigación, presenta gran importancia dentro de los planes de desarrollo de nuestro país.^{2,9}

En el ámbito de la producción se puede hacer uso de herramientas para obtener mejores resultados, una de ellas es el mejoramiento genético de los productos pecuarios, el cual en las últimas décadas ha tenido un mayor interés, y en el área de acuicultura se han logrado avances importantes, sin embargo, los productores se han enfocado a producir cantidades grandes de alimentos con la finalidad de cubrir las necesidades de la población, hoy en día resulta insuficiente orientar la producción solo hacia el incremento de la cantidad, ya que se debe optimizar la calidad de ellos, para aumentar la aceptación por los consumidores y obtener precios mayores por los organismos cultivados.¹⁰ Sin embargo existe limitante, que en tilapias se tienen escasos estudios sobre los factores genéticos que pueden modificar la calidad y composición química de su carne y las posibles implicaciones comerciales que de ello resultaría.¹¹

Al hablar de la calidad de los alimentos refiere a que presenten características organolépticas atractivas para el consumidor, así como un adecuado contenido nutrimental, esto es para mejorar la calidad de vida de la población humana. En fechas recientes tanto las autoridades como los consumidores están en la búsqueda de alimentos más saludables como son los productos provenientes de la pesca y acuicultura, ya que presentan de manera general mejores atributos nutricionales que otros alimentos de origen pecuario.^{8,12}

Las tilapias, nombre genérico con el que se conoce a un grupo de peces, cuyo cultivo se inició en 1820 en África son consideradas como uno de los grupos de mayor cultivo, asimismo vienen incrementando anualmente su cultivo.¹³ Con lo anterior podemos decir que representa una alternativa atractiva para la economía de nuestro país.^{2,12}

Las tilapias son peces que poseen características favorables para la alimentación humana, dentro de éste género de peces se considera que poseen una alta calidad nutricional, ya que presentan un contenido bajo en lípidos, además de una diversidad de colores, los investigadores están buscando mejorarlas en tópicos como velocidad de crecimiento, ganancia diaria de peso, peso final, etc., sin embargo hay que tener presente si como consecuencia de éste mejoramiento se ve modificada la calidad nutrimental.^{14,15}

2.1 Alimentación y nutrición de las tilapias

Las tilapias en su ambiente natural se alimentan a base de algas, materia en descomposición y plancton; en cultivo aceptan rápidamente alimento balanceado en forma de pastillas o pellets. La alimentación es un factor externo que influye directamente en la composición química de la carne del pescado, reflejándose en su

color, apariencia y textura. Ésto es importante pues la frescura y apariencia son tomados como parámetros de calidad para el consumidor. Las propiedades de frescura se le atribuyen al contenido y distribución de los lípidos. Por otro lado cabe mencionar que la suavidad de los filetes disminuye después del primer día de ser almacenados, la rápida pérdida de la suavidad se debe a la desintegración del colágeno tipo uno y cinco.⁵

Otro elemento importante es el contenido energético de la dieta, ya que afecta el funcionamiento del pez. Cuando el pez es alimentado con dietas altas en energía su crecimiento puede reducir como resultado de una disminución del consumo, por otro lado cuando el pez es alimentado con dietas bajas en energía las proteínas de la dieta son usadas para formar energía y éstas aumentan el costo de producción. La frecuencia de la alimentación también tiene efectos sobre la supervivencia y la tasa de crecimiento, especialmente en los peces jóvenes. Se sabe que además de la frecuencia en la alimentación para el máximo crecimiento de las variedades de peces depende de: especie del pez, talla, nivel de proteína y energía de la dieta.⁴

En cuanto a la cantidad de alimento suministrado se recomienda no exceder a los peces la cantidad de alimento, ya que la cantidad que no sea consumida va a alterar la cualidad del agua, lo cual suprime su crecimiento y en consecuencia provoca un aumento de costos de producción, sin embargo la frecuencia de la alimentación no afecta ni la composición corporal ni el crecimiento, la ganancia diaria de peso aumenta si se aumenta la frecuencia de la alimentación. Lo más apropiado parece ser alimentar a los peces dos o tres veces al día dependiendo el nivel de energía de la dieta. El nivel de energía de la dieta mantiene una relación proporcional con los lípidos de los peces.⁴

Cabrera¹³ informa que la nutrición en las tilapias se basa en el tipo de alimento que se le suministra, pudiendo ser exclusivamente proveniente de la fertilización de los estanques o reservorios (en forma orgánica e inorgánica) no requiriendo alimento balanceado, lográndose una buena ganancia de peso a bajo costo; otra alternativa involucra el suministro de alimento balanceado.

Al-Hafedh³ indica que los requerimientos de proteína en la dieta de muchas especies de tilapia han sido estimados en un rango entre 20-56%, sobre todo durante la etapa de finalización. Refiriéndonos a la producción industrial de *O. niloticus*, Cabrera¹³ argumenta que dicha especie requiere del suministro de un alimento mínimo con 30% de proteína, además se ha determinado que rangos de proteína entre 25 a 45% no afecta la reproducción de la tilapia, el rango óptimo de digestibilidad es a 25°C. Es indispensable cubrir los requerimientos de proteína de las tilapias, Ogunji¹⁶ hace énfasis en que una deficiencia de proteína en la dieta causa una deficiencia de aminoácidos esenciales en el cuerpo y al mismo tiempo afecta el transporte y almacén de los lípidos en el pez. El mismo autor resalta que son las proteínas el recurso con el cual se desarrolla el pez y también es importante en la producción de enzimas, es además el componente básico del tejido animal y es por eso que es un nutriente esencial para el mantenimiento y crecimiento. El mantenimiento también se refiere a la pérdida de proteínas necesarias por el cuerpo (piel, digestión y oxidación). Además los rangos de crecimiento, la conversión alimenticia y la condición corporal se ven afectados por la incorporación o deficiencia de proteína en el alimento.¹⁶

Con respecto a los aminoácidos en el cuerpo Ogunji¹⁶ declara que son sustituidos por las proteínas de la dieta y por el catabolismo de las proteínas tisulares. Manifiesta que los aminoácidos libres no son usados para la síntesis de proteínas y otras funciones esenciales, éstos son catalizados para el amonio y los correspondientes α -cetoácidos, los cuales son usados como recurso para energía o carbonos para la síntesis de grasa o gluconeogénesis.

En cuanto a lípidos Jobling¹⁷ realizó un estudio en salmones en el cual revela que después de once semanas de alimentación el filete y la carcasa de los peces que se alimentaron con una dieta con alto contenido en grasas presentaron alto contenido de grasa en relación con los que se alimentaron con poca grasa. Además las vísceras de los peces alimentados con alta cantidad de grasa eran más grandes que los alimentados con poca grasa.

Sargent¹⁸ reportó que los requerimientos de los ácidos grasos esenciales son diferentes para cada especie de pez debido a que tienen dietas diferentes y a la adaptación metabólica con sus diferentes hábitats. Los peces requieren de tres ácidos grasos poli-insaturados de cadena larga (PUFA) para su crecimiento normal y para su desarrollo reproductivo que son: el ácido docosehexaenoico, el eicosapentaenoico y el araquidónico. Las funciones de éstos ácidos son: el mantenimiento, estructura y función de las membranas celulares.

2.2 Características fisicoquímicas del agua

Es indudable que las características fisicoquímicas del agua influyen en la producción de las tilapias, por lo que es importante mantener una supervisión en dichas variables para lograr una producción óptima de éstos cíclidos. La distribución de la tilapia se restringe a áreas cuyas temperaturas del agua en invierno sean superiores a los 21°C, ya que el rango óptimo oscila entre 25° y 35°C, soporta concentraciones bajas de oxígeno disuelto, el valor del pH debe estar entre 7 y 8 para que favorezca el desarrollo de la productividad natural del estanque. Una alcalinidad de aproximadamente 75 mg CaCO₃/l se considera adecuada y propicia para enriquecer la productividad del estanque. Se recomienda que el agua no sea turbia para que el fitoplancton se pueda desarrollar adecuadamente. La altitud, como un factor limitante de distribución de la tilapia, no se relaciona con la presión barométrica sino fundamentalmente a la temperatura.¹⁹

2.3 Composición química del filete de los peces

Shearer⁶ realizó una revisión de literatura en la cual concluye que la composición química de la masa muscular de los peces puede ser afectada por factores endógenos como el tamaño, sexo, fase del ciclo de vida, energía producida y por factores exógenos como la dieta (composición del alimento, frecuencia de alimentación, nivel de ración, etc.), ambiente (temperatura, salinidad, etc.). Indica también que la cantidad de grasa corporal depende de la cantidad de energía en la dieta y de las demandas energéticas metabólicas de los peces. En cuanto a la humedad corporal reporta que tiene una relación inversa con los lípidos corporales, es decir disminuye o aumenta conforme se almacena o utiliza un lípido. Finalmente refiere que la composición de los ácidos grasos de los peces afecta las propiedades organolépticas.

Garduño *et. al.*¹¹ compararon las características químicas de filetes de *O. niloticus* gris (tipo silvestre) y de un híbrido rojo, encontrando una proporción similar en humedad, proteína verdadera y ceniza en ambos grupos genéticos. El contenido de extracto etéreo fue menor en el híbrido que en *O. niloticus*. Las proporciones de los ácidos grasos fueron similares entre sí. En el mismo estudio llevaron a cabo las pruebas de evaluación sensorial y preferencia, en las cuales los jueces detectaron diferencias en el sabor de los filetes de ambos tratamientos y en la prueba de preferencia, la tendencia favorable fue para el filete del híbrido.

2.4 Parámetros productivos

Las especies de mayor aceptación en el cultivo comercial son las del género *Oreochromis*, destacándose entre ellas *O. niloticus*, llamada "tilapia del Nilo", *O. aureus*, llamada "tilapia azul" y algunas variedades de tilapias rojas. Éstas tilapias se utilizan para la producción de alevines híbridos machos grises y rojos, los cuales debido al vigor híbrido crecen más rápido que sus progenitores.¹⁹

Es importante tener presente que existen diferencias productivas entre las especies de tilapia que se cultivan actualmente, Castillo¹⁹ informa que el crecimiento de *O. niloticus* es más rápido por que aprovecha más el alimento natural y artificial que *O. mossambicus*. Además la primera presenta una mejor conformación, mayor tamaño y ganancia de peso, dependiendo del tiempo de cultivo puede llegar a pesar de 250 g a 700 g. documenta también que las tilapias *O. niloticus* y *O. mossambicus*, son especies que generan el color rojo y rosa por poseer alelos dominante y recesivo respectivamente, sin embargo las variedades rojas presentan una mala conformación anatómica, por lo que al cruzarlas entre si superan a sus progenitores en las características antes mencionadas.¹¹

Garduño-Lugo *et. al.*¹¹ observaron que el crecimiento de un híbrido rojo (Tilapia Roja de Florida ♂ x *O. niloticus* rosa ♀), presentaron un crecimiento similar a *O. niloticus* gris, sin embargo no evaluaron el desempeño de la crucea recíproca.^{8,11} El estudio realizado por Jiménez *et. al.*¹² indica que el Pargo-UNAM (población sintética) muestra un desempeño productivo superior y similar al trihíbrido que le precedió, este hecho es importante ya que el productor no tendrá que realizar las cruces previas para obtener cría para la engorda sino que es suficiente con que cuente con los reproductores del Pargo-UNAM (50% Tilapia Roja de Florida, 25% *O. niloticus* rosa y 25% Tilapia Rocky Mountain).

Estudios realizados por varios autores, muestran que la tilapia *O. niloticus* es la especie con el mejor crecimiento dentro del grupo de las tilapias que se cultivan actualmente en todo el mundo.^{21,22,23,24,25} Sin embargo Morales *et. al.*¹⁴ encontraron que el Pargo-UNAM (50% Tilapia Roja de Florida, 25% *O. niloticus* rosa y 25% Tilapia Rocky Mountain) presenta un mayor crecimiento que *O. niloticus*.

Velázquez *et. al.*¹⁵ realizaron un cruzamiento dialélico completo entre *O. mossambicus* roja y *O. niloticus* rosa e indicaron que la supervivencia es similar en los cuatro grupos . El peso final más alto lo alcanzó el híbrido MN.

2.5 Variedad de colores en las tilapias

Los productores deben conocer y analizar el mercado de su producto, ya que es indispensable satisfacer las necesidades y preferencias de los consumidores, por ejemplo, se sabe que las variedades rojas de tilapia son preferidas por los consumidores y frecuentemente alcanzan mejores precios de venta en comparación con las de colores oscuros, dicha preferencia se asocia a la calidad de su carne la cual, presenta un sabor más ligero a pescado en comparación con las grises; sin embargo crecen menos que éstas.^{8,11,26,27}

En la investigación realizada por Velázquez¹⁵ donde se llevaron a cabo cruzamientos inter-específicos para aprovechar el efecto de heterosis, se mejoró el crecimiento en Tilapias rojas híbridas. Con lo anterior se puede mencionar que coinciden diversos autores que el mejoramiento genético de tilapias en cuanto a crecimiento y color, puede tener un impacto benéfico en explotaciones de esos cíclidos.^{8,28}

Otros autores asocian la supervivencia y crecimiento de las tilapias con su patrón de coloración, indicando que las rojas muestran un menor crecimiento y supervivencia en relación a las de color tipo silvestre.^{29,30}

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general:

Determinar la composición química del filete de: *Oreochromis niloticus* de tipo silvestre (gris), *O. niloticus* rosa, *O. mossambicus* roja, *O. niloticus* rosa ♂ x *O. mossambicus* roja ♀, su cruce recíproco *O. mossambicus* rojo ♂ x *O. niloticus* rosa ♀ y la población sintética Pargo-UNAM (50% Tilapia Roja de Florida, 25% *O. niloticus* rosa y 25% Tilapia Rocky Mountain).

3.2 Objetivo específico:

Comparar el contenido de: materia seca, proteína cruda, lípidos, elementos libres de nitrógeno y cenizas en filetes de *Oreochromis niloticus* de tipo silvestre (gris), *O. niloticus* rosa, *O. mossambicus* roja, *O. niloticus* rosa ♂ x *O. mossambicus* roja ♀, su cruce recíproco *O. mossambicus* rojo ♂ x *O. niloticus* rosa ♀ y la población sintética Pargo-UNAM (50% Tilapia Roja de Florida, 25% *O. niloticus* rosa y 25% Tilapia Rocky Mountain).

4. HIPÓTESIS

Existen diferencias en la composición química de la masa muscular (filete) entre los grupos genéticos de tilapia: *Oreochromis niloticus* de tipo silvestre (gris), *O. niloticus* rosa, *O. mossambicus* roja, *O. niloticus* rosa ♂ x *O. mossambicus* roja ♀, su cruce recíproco *O. mossambicus* rojo ♂ x *O. niloticus* rosa ♀ y la población sintética Pargo-UNAM (50% Tilapia Roja de Florida, 25% *O. niloticus* rosa y 25% Tilapia Rocky Mountain).

5. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1. Fase I: Obtención del material biológico

Esta fase experimental, comprendió las etapas de crianza y engorda de los peces de los seis grupos genéticos hasta la obtención del filete de los mismos. A continuación se presenta una reseña de los trabajos que antecedieron el presente estudio de tesis, los cuales fueron presentados por Morales y Velázquez^{14,15} en el periodo comprendido de abril a diciembre del 2005, en éste último mes se obtuvieron los filetes de los peces.

Ambos trabajos tuvieron como objeto comparar los rasgos productivos: peso final, supervivencia, crecimiento, rendimiento en filete y conversión alimenticia durante la crianza (91 días) iniciando el 22 de abril del 2005 y la engorda (123 días) entre: *Oreochromis niloticus* de tipo silvestre (gris) (NG), *O. niloticus* rosa (NR), *O. mossambicus* roja (MM), *O. niloticus* rosa ♂ x *O. mossambicus* roja ♀ (NM), su cruce recíproco *O. mossambicus* rojo ♂ x *O. niloticus* rosa ♀ (MN) y la población sintética Pargo-UNAM (PU) (50% Tilapia Roja de Florida, 25% *O. niloticus* rosa y 25% Tilapia Rocky Mountain). Se emplearon 205 crías de cada grupo, las cuales se instalaron en tanques de 750 l en la crianza y veinte machos en la engorda. Con pesos iniciales de NG 0.042g, NR 0.035g, MM 0.054g, NM 0.123g, MN 0.46g y PU 0.037g en crianza y: 37.3g, 27.9g, 34.3g, 36.7g, 44.3g y 45.5g en engorda, en el mismo orden. Se les proporcionó alimento comercial con 45% y 35% de proteína cruda en ambas fases respectivamente (Cuadro 1). Al concluir la engorda, los pesos finales obtenidos fueron los siguientes: NG 396.2g, NR 252.6g, MM 247.6g, NM 195.6g, MN 288.3g y P-U 407.4g.^{14,15}

Ambos experimentos tuvieron lugar en el Módulo de Producción Acuícola del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT), de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ), de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el cual se encuentra ubicado en el kilómetro 5.5 de la carretera federal Martínez de la Torre – Tlapacoyan, municipio de Tlapacoyan, Veracruz, a 20° 04' de latitud norte y a 97° 03' de latitud oeste (Figura 1). La altitud es de 151 msnm, el clima corresponde al tipo Af (m) w^r (e) cálido húmedo, con una temperatura y precipitación media anual de 23.4°C y 1991 mm, respectivamente. La oscilación térmica diaria puede ser entre 7 y 14°C. ¹⁴

Cuadro 1

Composición química de la dieta empleado durante las fases de crianza y engorda (Base Seca)

Componente	Crianza	Engorda
Proteína	45.6%	36.8%
Grasa	11.7 %	6.6 %
Cenizas	12.7 %	3.2 %
Fibra cruda	1.64 %	6.6 %
ELN	21.8%	27.8%

Tomado de: Morales-Alamán (2006) y Velázquez-López (2006)
ELN = Extracto Libre de Nitrógeno

5.2 Grupos genéticos utilizados

Se emplearon seis grupos genéticos de tilapias: *Oreochromis niloticus* de tipo silvestre (gris) (Figura 2), *O. niloticus* rosa (Figura 3), *O. mossambicus* roja (Figura 4), *O. niloticus* rosa ♂ x *O. mossambicus* roja ♀ y su cruce recíproco *O. mossambicus* rojo ♂ x *O. niloticus* rosa ♀ (Figura 5) y la población sintética Pargo-UNAM (Figura 6) (50% Tilapia Roja de Florida, 25% *O. niloticus* rosa y 25% Tilapia Rocky Mountain).

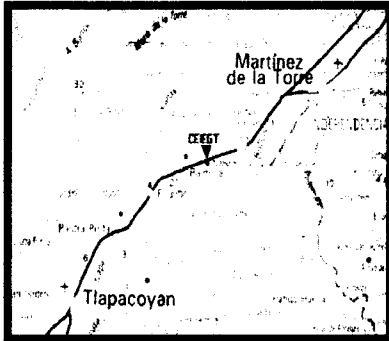


Figura 1. Localización del CEIEGT-FMVZ-UNAM

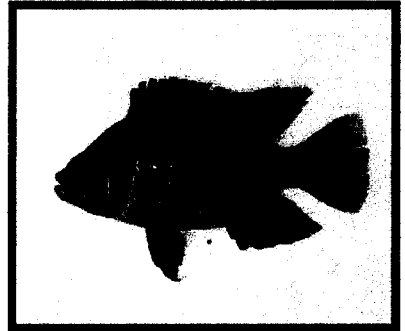


Figura 2. *Oreochromis niloticus* gris



Figura 3. *Oreochromis niloticus* rosa

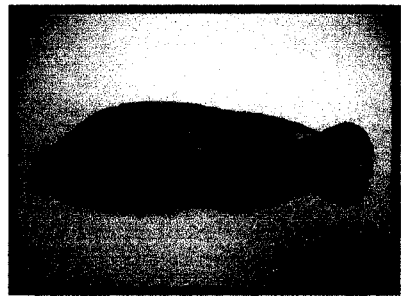


Figura 4. *Oreochromis mossambicus*



Figura 5. Ejemplares híbridos NM y MN

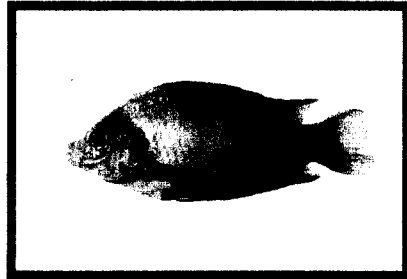


Figura 6. Pargo-UNAM

5.3 Desarrollo de los peces

El desarrollo de los peces se llevó a cabo en el área de desarrollo para peces, que se compone de 24 tinas de plástico de 750 L cada una.

Las variables físico-químicas del agua fueron controladas en todas las tinas, para mantener a los peces en condiciones de desarrollo óptimo. En el Cuadro 2 se presentan los valores de las variables que se registraron durante la crianza y engorda de los peces.⁸

Cuadro 2
Características fisicoquímicas del agua durante las fases de crianza y engorda

Variable	Crianza	Engorda	Valor óptimo
Temperatura (°C)	28.7 ± 1.8	27.1 ± 1.81	24.0 a 29.0
Oxígeno (mg/l)	6.69 ± 1.18	5.71 ± 0.40	3 a 5
pH	7.17 ± 0.18	7.02 ± 0.13	6.50 a 7.50
Amonio (mg/l)	0.22 ± 0.20	0.27 ± 0.13	< a 1
Transparencia (cm)	46.4 ± 19.2	81.8 ± 15.4	40 a 50

Los valores mostrados son promedios
Tomado de Morales-Alamán (2006) y Velázquez-López (2006)

5.4 Técnica empleada para la obtención del filete en tilapias

Al finalizar la etapa de engorda se sacrificaron al azar 40 peces de cada grupo genético (10 de cada repetición) en agua con hielo a 3°C. Posteriormente se obtuvo el filete de la forma acostumbrada para este tipo de pez, de acuerdo a la técnica empleada por Garduño⁸ de la manera siguiente: el primer corte se realizó en la parte posterior de la aleta lateral hacia la parte central de la base de la cabeza, con un corte de 45°. En seguida se incidió sobre toda la porción dorsal del pez de manera longitudinal, lo más próximo a las espinas dorsales y columna vertebral, continuando hasta la región ventral para remover el filete con la piel de ese lado. Una vez diseccionada esta parte del pez se procedió a separar la piel de los filetes, se colocaron

de manera individual en bolsas de plástico herméticas y se mantuvieron a -21°C hasta el inicio de los análisis químicos. De los cuarenta filetes de cada población, se emplearon para este ensayo 16 de cada tratamiento.

5.5 Fase II. Análisis químicos de los filetes

Se llevaron a cabo en el Laboratorio del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica y en el Laboratorio del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Se trabajó con 16 filetes de cada grupo genético. El análisis químico proximal de los filetes de los peces, se determinó por triplicado, mediante técnicas estándar, referidas de la AOAC (Association of Analytical Chemists).³¹

Materia seca por deshidratación a 65°C en una estufa para laboratorio (Figura 7), empleando el tiempo suficiente, hasta alcanzar el peso constante de acuerdo al tamaño del filete. Proteína cruda por el método de Kjeldahl ($N \times 6.25$), (Figuras 8). Extracto etéreo por el método de Soxhlet (Figuras 9). El contenido de ceniza mediante la calcinación a 600°C en una mufla (Figuras 10) y ELN se determinó por diferencia.

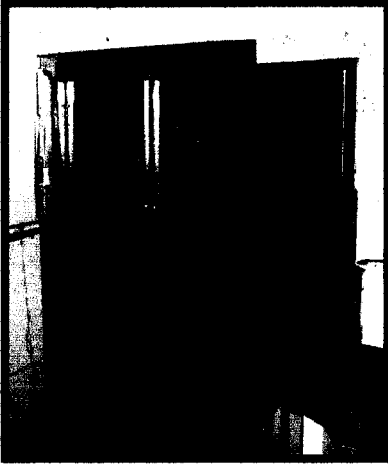


Figura 7. Estufa empleada para la deshidratación de las muestras para la técnica de cuantificación de materia seca

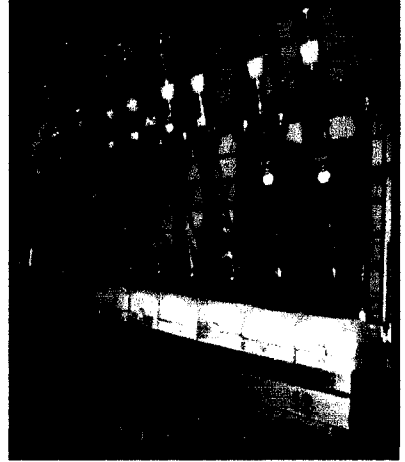


Figura 8. Aparato Kjeldahl fase de destilación para la técnica de cuantificación de proteínas



Figura 9. Aparato de Soxhlet, para la técnica de cuantificación de lípidos

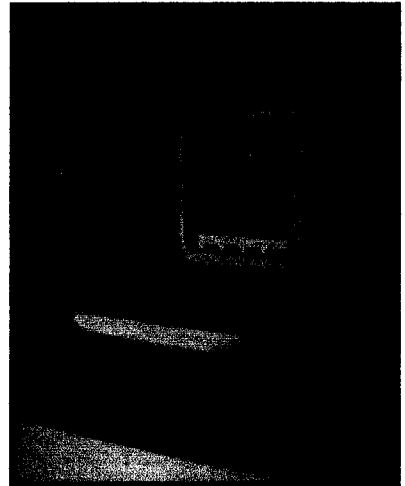


Figura 10. Mufla empleada para la obtención de cenizas

5.6 Análisis estadísticos

Las variables de composición química de la masa muscular de los filetes se analizaron mediante un análisis de la varianza para un diseño completamente al azar para seis grupos genéticos con cuatro repeticiones y la comparación de medias de los tratamientos mediante pruebas de Tukey con un nivel de significancia de $p=0.05$.^{32,33}

A los resultados de los análisis expresados en porcentaje, se les aplicó previamente una transformación arcoseno de acuerdo a lo sugerido por Sokal y Rohlf.³⁴

El modelo para el análisis de la varianza fue:

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

donde:

Y_{ij} = Valor fenotípico (humedad, proteína cruda, lípidos y cenizas).

μ = La media general de humedad, proteína cruda, lípidos y cenizas.

t_i = Es el i -ésimo grupo genético.

e_{ij} = El e_{ij} esimo error experimental de la j esima observación en el t_i esimo tratamiento.

Comparación múltiple de medias de Tukey con:

$$w = q\alpha \sqrt{\frac{MS_e}{n}}$$

donde:

$q\alpha$ = El nivel de la significancia $p = 0.05$

p_i = Número de las medias a comparar (16)

fe = Los grados de libertad del error.

S_y = Error estándar.

6. RESULTADOS

Análisis Químico Proximal

En el Cuadro 3 se muestran los promedios de los análisis químicos de la masa muscular (filete) de los seis grupos genéticos de tilapias. El mayor contenido de humedad se observó en el grupo genético NM, y el menor en MM. La mayor proporción de proteína fue para MM similar a MN, NR, P-U. La menor proporción de proteína la presentó NG. El mayor contenido de lípidos fue para MM y el menor correspondió a NM.

Cuadro 3

Composición química del filete de seis grupos genéticos de tilapias

(Base Húmeda)

Nutriente (%)	MN	NM	MM	NR	P-U	NG	EE
Humedad	77.5 ^c	79.1 ^a	77.1 ^c	78.7 ^{ab}	77.9 ^{bc}	77.9 ^{bc}	0.085
Proteína	17.5 ^a	16.4 ^b	17.6 ^a	17.2 ^{ab}	16.7 ^{ab}	16.3 ^b	0.091
Lípidos	2.18 ^b	1.53 ^c	2.93 ^a	1.98 ^{bc}	2.48 ^{ab}	2.38 ^{ab}	0.143
Cenizas	1.27 ^a	1.15 ^a	1.24 ^a	1.20 ^a	1.25 ^a	1.22 ^a	0.043
¹ ELN	1.58	1.90	1.18	0.95	1.65	2.16	

Valores en la misma fila con el mismo superíndice no son diferentes ($P > 0.05$).

¹ELN = Extracto libre de nitrógeno.

MN = *O. mossambicus* rojo ♂ x *O. niloticus* rosa ♀; NM = *O. niloticus* rosa ♂ x *O. mossambicus* roja ♀; MM = *O. mossambicus* roja; NR = *O. niloticus* rosa; P-U = Pargo-UNAM; NG = *O. niloticus* gris.

EE = Error estándar.

Grados de libertad = 23

7. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

7.1 Composición química del filete

Se observaron diferencias en la composición química del filete de los seis grupos genéticos de tilapia comparados, lo cual es de relevancia ya que en la actualidad, no se ha encontrado información en donde se haya evaluado la composición química del cuerpo o del filete entre variedades diferentes de tilapia en un mismo ensayo experimental, bajo las mismas condiciones de cultivo.

7.2 Humedad

El agua es el componente químico más abundante en el cuerpo de los seres vivos y por consiguiente de los peces como los salmónidos y tilapias.^{10,35,36} El contenido de humedad, se relaciona de manera inversa con el de los lípidos. En el presente estudio dicha relación inversa se presentó en los filetes de los tratamientos estudiados. El grupo genético NM presentó la mayor proporción de humedad de los seis grupos y también fue el que tuvo la menor proporción de lípidos. Una proporción parecida de humedad, fue informada en los estudios de Garduño-Lugo *et al.* quienes compararon la composición química del filete del híbrido rojo (Tilapia Roja de Florida x *O. niloticus* rosa) y *O. niloticus* de tipo silvestre.^{8,11} Clement y Lovell³⁷ informaron que la tilapia del Nilo (*O. niloticus*) con peso promedio de 585g, mostró una humedad inferior a la encontrada en todos los grupos del presente estudio. Una menor proporción de humedad en el filete de los peces de Clement y Lovell³⁷ con respecto al de los seis grupos genéticos, es la diferencia de peso de los peces, en virtud a que la humedad en un pez cultivado en condiciones apropiadas para la especie, disminuye al aumentar la edad o tamaño de acuerdo con Shearer y Rasmussen.^{6,10}

7.3 Proteína

Se observó una menor proporción de proteína en el filete de NG éste grupo genético además presentó la mayor tasa de crecimiento de los seis grupos durante el periodo de cultivo de 214 días de acuerdo a lo investigado por otros autores en la misma población.^{14,15} Este pez pudo haber requerido una mayor proporción de proteína en su dieta, para aumentar el contenido de ese nutriente en su filete, de acuerdo con Shearer quién menciona que el nivel de proteína en el cuerpo de salmónidos aumenta al incrementar el contenido de proteína en la dieta.⁶ En ese mismo sentido, Al Hafed³ menciona que al aumentar el contenido de proteína en la dieta de *O. niloticus* aumenta el crecimiento y proteína en el cuerpo, sin embargo un aumento de proteína en la dieta, tiene un efecto sobre el crecimiento pero hasta cierto nivel, ya que al sobrepasar el nivel óptimo recomendado, la eficiencia de la utilización disminuye, incluso aumenta el gasto de energía para su metabolismo.⁶

7.4 Lípidos

Los lípidos en el filete de los seis grupos genéticos, como se menciona previamente, mostraron la misma relación inversa con la humedad. En cuanto a lípidos, parece interesante resaltar que el híbrido MN presentó una proporción de lípidos menor al de su progenitor paterno MM, resultados similares a lo informado por Garduño-Lugo^{8,11} con el híbrido rojo (Tilapia Roja de Florida x *O. niloticus* rosa), en donde dicho híbrido presentó un menor crecimiento y menor contenido de lípidos en el filete, incluso por debajo del de *O. niloticus* rosa que en ese caso fue la especie materna.

El híbrido NM en estudios realizados por Velázquez *et. al.*¹⁵ fue el grupo genético con menor crecimiento en la prueba de engorda, éste mismo presentó el menor contenido de lípidos de los seis grupos genéticos, lo cual se atribuye a problemas del orden genético, por lo que ese híbrido no parece ser redituable en cultivos comerciales.

NN presentó una baja proporción de lípidos, ligeramente superior a NM y probablemente esta especie tenga alguna transmisión de la característica de menor proporción de lípidos a sus descendientes con MM. De manera general, los seis grupos genéticos de tilapia se mostraron consistentes en presentar una proporción de lípidos menor a la de los salmónidos, los cuales son considerados peces del tipo oleoso.^{5,6,10}

7.5 Ceniza

El contenido de ceniza en el filete de los grupos genéticos fue similar y parecido a los presentados por el híbrido: Tilapia Roja de Florida x *O. niloticus* rosa y *O. niloticus* del estudio de Garduño-Lugo *et al.*¹¹ Estos autores en el 2003, encontraron una menor proporción de ceniza en el híbrido rojo antes mencionado, en contraste con los grupos genéticos del presente estudio.⁸ En filetes de *O. niloticus*, Clement y Lovell³⁷ obtuvieron una proporción mayor de cenizas (2.3%) que en los seis grupos del presente experimento. Otros autores informan de proporciones mayores de ceniza en otros grupos genéticos de tilapia, pero en el cuerpo entero de los peces.^{1,3} La proporción de ceniza en los filetes de los seis grupos genéticos, al parecer puede estar relacionado con las características fisicoquímicas del agua y no con las dietas aplicadas, ello de acuerdo a lo que menciona Shearer⁶ en que la dieta no tiene mucho efecto en las cenizas, al menos que se presente una deficiencia en algún mineral.

Finalmente se puede afirmar que las diferencias en la composición química de los filetes entre los seis grupos genéticos comparados, son atribuidas al grupo genético *per se*. Es necesario continuar con la línea de investigación sobre los grupos con mayor contenido de proteína y lípidos para proporcionar a la población humana una fuente de alimento rico en proteína.

8. LITERATURA CITADA

1. Al-Ogaily SM, Al-Asgah NA, Ali A. Effect of feeding different grain sources on the growth performance and body composition of tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture Research* 1996;27:523-529.
2. Zarza ME. Semicultivo experimental del robalo *Centropomus undecimalis* y del del chucumite *Centropomus parallelus* en agua dulce en el estado de Veracruz, México. Tesis de doctorado Universidad Nacional Autónoma de México 2004.
3. Al Hafedh YS. Effects of dietary protein on growth and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. *Aquaculture Research* 1999;30:385-393.
4. Lee SM, Cho SH, Kim DJ. Effects of feeding frequency and dietary energy level on growth and body composition of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture Research* 2000;31:917- 921.
5. Lie Ø. Flesh quality the role of nutrition. *Aquaculture Research* 32 (Suppl.1) 2001;341-348.
6. Shearer DK. Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids. *Aquaculture* 1994;119:63-88.
7. Foltz JW, Gibson JM, Windell JT. Evaluation of tilapia meal for fish diets. *Progressive Fish-Culturist* 1982;44:8-11.
8. Garduño LM, Granados AI, Olvera NMA, Muñoz CG. 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.
9. Civera R, Ortiz J L, Dumas S, Nolasco H, Alvarez A, Anguas B, Peña R, Rosales M, Carrasco V, García R, Goytortúa E. Avances en la nutrición de la cabrilla arenera (*Paralabrax maculatofasciatus*). *Memorias del VI Simposium*

- Internacional de Nutrición Acuícola "Nutrición acuícola"; 2002 septiembre 3-6, Cancún (Quintana Roo) México.
10. Rasmussen RS. Quality of farmed salmonids with emphasis on proximate composition, yield and sensory characteristics. *Aquaculture* 2001;32:767-786.
 11. Garduño LM, Ferrera SJ, Angulo GJ, Muñoz CG, Medina CJ. Evaluación química y sensorial en filetes de *Oreochromis niloticus* y un híbrido rojo de tilapia. Reunión científica-tecnológica forestal y agropecuaria. Veracruz 2005;50-59.
 12. Jiménez E, Riego M, Muñoz G, Garduño M. Desempeño productivo de una población sintética de tilapia: el Pargo-UNAM ($\frac{1}{4}$ Rocky Mountain, $\frac{1}{4}$ *Oreochromis niloticus* y $\frac{1}{2}$ tilapia Roja de Florida) en la zona Centro-Norte de Veracruz, México. In: Avances en la Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal y Acuicola del Trópico Mexicano. Inifap, Veracruz (Veracruz) México 2004;1-9.
 13. Cabrera T, Jay D, Alceste C. Actualización del Cultivo de Tilapia en el mundo. VI Congreso Ecuatoriano de Acuicultura y V Congreso Latinoamericano de Acuicultura. Ecuador 2001;28.
 14. Morales AV, Muñoz CG, & Garduño LM. Desempeño productivo de la tilapia del Nilo y el Pargo-UNAM durante la fase de crianza. Reunión científica-tecnológica forestal y agropecuaria. Veracruz 2005;60-64.
 15. Velázquez LMC, Garduño LM, Muñoz CG. Heterosis y desempeño productivo en un cruzamiento dialélico entre *Oreochromis niloticus* y *O. mossambicus*. Reunión científica-tecnológica forestal y agropecuaria. Veracruz 2005;65-69.
 16. Ogunji JO, Wirth M. Alternative protein sources as substitutes for fishmeal in the diet of young tilapia *Oreochromis niloticus* (Linn.). *Aquacult./Bamidgeh* 2001;53:34-43.
 17. Jobling M, Johansen SJS. Fat distribution in Atlantic salmon *Salmo salar* L. in relation to body size and feeding regime. *Aquaculture Research* 2003;34:311-316.

18. Sargent J, Bell G, McEvoy L, Tocher D, Estevez A. Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish. *Aquaculture* 1999;177:191-199.
19. Alamilla H. Cultivo de Tilapias. ZOE Tecno Campo. México 2002;16.
20. Castillo LF. Tilapia Roja Una Evolución de 21 Años - De la Incertidumbre al Éxito. Colombia 2003; 91 (documento virtual).
21. Payne Y. Collinson Y. A comparison of the biological characteristic of *Sarotherodon niloticus* with those of *S. aureus* and ther tilapia of the delta Lower Nile. *Aquaculture* 1983;30:335-351.
22. Pullin R. Choice of tilapia species for aquaculture. International Symposium on Tilapias in Aquaculture. Nazareth, Israel 1983;64-73.
23. Zimmermann S. Genetics aspects of the skin colour of tilapias (*Oreochromis sp*) Anais do 6 Encontro Rio Grandense De Técnicos Em Aquacultura E 3 Encontro Sulbrasileiro De Acuacultura. Rio de Granéense. Brazil 1995;120-125.
24. Eguiar R, Leon R, Hernández E. Crecimiento en estanques de cemento y de tierra de tres especies de género tilapia. *Revista Latinoamericana de Acuacultura* 1982;11:6-9.
25. Sanchez M, Muñoz G, Garduño M, Fernández B. Desempeño productivo de dos especies de tilapia en una granja piscícola. Memorias de la VIII reunión científico, tecnológica, forestal y agropecuaria del estado de Veracruz. Veracruz (Veracruz) México 1995;309.
26. Muñoz CG, Garduño LM. Comparación del crecimiento entre *Oreochromis niloticus*, *O. mossambicus* y su híbrido bajo condiciones de cultivo. *Veterinaria México* 1994;25:323-326.
27. Macaranas JM, Mather PB, Lal SN, Vereivalu T, Lagibalavu M, Capra M. Genotype and enviroment, a comparative evaluation of four tilapia stocks in fiji. *Aquaculture* 1997;150:11-24.

28. Mc Andrew BJ, Roubal FR, Roberts RJ, Bullock AM, Mcewen IM. The genetics and histology of red, blond and associated colour variants in *Oreochromis niloticus*. *Genética* 1988;76:127-137.
29. Huang M, Chang I, Cheng J, Liao C. Single gene inheritance of red body coloration in taiwanese red tilapia. *Aquaculture* 1988; 74:227-232.
30. El Gamal AA, Smitherman RO, Behrends II. Viability of red and normal-colored *Oreochromis aureus* and *O. Niloticus* hybrids. The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Manila 1988;153-157.
31. Association of Official Analytical Chemists (AOAC). *Official Methods of Analysis*, 14th edition. Arlington VA. USA 1990;1094.
32. Steel GDR, Torrie JH. *Bioestadística Principios y Procedimientos*. 2nd. edn, McGraw-Hill. Bogotá, Colombia 1986;622.
33. SAS Institute. *SAS User's Guide: Statistics*. Cary NC 1986.
34. Sokal RR, Rohlf FJ. *Biometry*. 3rd edn, W.H. Freeman and Company. New York, USA 1998;877.
35. Viola S, Mokady S, Behar D, Cogan U. Effects of polyunsaturated fatty acids in feeds of tilapia and carp. Body composition and fatty acid profiles at different environmental temperatures. *Aquaculture* 1988; 75:127-137.
36. Viola S, Arieli Y, Winterfeld R, Lazar M, Cogan U, Mokady. Effects of N-3 fatty acid supplementation on storage stability and taste of carp and tilapia. *Aquacult./Bamidgeh* 1990;42:56-57.
37. 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.