



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

CAMPUS LOMA BONITA

**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA PROGENIE DE MACHOS
YY DE LA TILAPIA DEL NILO (*Oreochromis niloticus*) ALIMENTADA
CON DIETAS FORMULADAS**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN ACUICULTURA

PRESENTA:

ANDREA MARTINEZ HERRERA

DIRECTOR DE TESIS:

DR. JUAN PABLO ALCÁNTAR VÁZQUEZ

CO-DIRECTOR DE TESIS:

DR. CARLOS ALFONSO ÁLVAREZ GONZÁLEZ

LOMA BONITA, OAXACA, MÉXICO, 2019



Universidad del Papaloapan

Terra Uberissima, Mens Aperta

CLAVE: 20ESU3001N

Ingeniería en Acuicultura

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

LA PRESENTE TESIS TITULADA “EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA PROGENIE DE MACHOS YY DE LA TILAPIA DEL NILO (*Oreochromis niloticus*) ALIMENTADA CON DIETAS FORMULADAS”, PRESENTADA POR LA PASANTE ANDREA MARTÍNEZ HERRERA, BAJO LA DIRECCIÓN DEL DR. JUAN PABLO ALCÁNTAR VÁZQUEZ, HA SIDO REVISADA Y ACEPTADA POR EL JURADO EXAMINADOR PARA SER DEFENDIDA EN EL EXAMEN PROFESIONAL Y OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO EN ACUICULTURA.

JURADO EXAMINADOR

DR. JUAN PABLO ALCÁNTAR
VÁZQUEZ
DIRECTOR

DR. CARLOS ALFONSO ÁLVAREZ
GONZÁLEZ
CODIRECTOR

M.C. DANIEL CALZADA
RUÍZ
REVISOR

M. C. RAÚL MORENO
DE LA TORRE
REVISOR

DR. NICOLÁS
VALENZUELA JIMÉNEZ
REVISOR

LOMA BONITA, OAXACA, 2019



Universidad del Papaloapan

Terra Uberrima. Mens Aperta

Ingeniería en Acuicultura

Oficio No. JCIA/004/19

Asunto: Jurado de Examen profesional
Loma Bonita, Oaxaca, a 21 de febrero de 2019

M. E. YESENIA BARRIENTOS ARENAL
JEFA DEL DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN
P R E S E N T E

Por medio del presente, informo a usted la conformación del Jurado del Examen Profesional de la C. **ANDREA MARTÍNEZ HERRERA** (número de matrícula **11040002**), egresada de la Carrera de **INGENIERÍA EN ACUICULTURA** de la Universidad del Papaloapan.

Titulares:

M. C. Raúl Moreno de la Torre.- Presidente.
Dr. Juan Pablo Alcántar Vázquez.- Secretario.
M. C. Daniel Calzada Ruiz.- Vocal.

Suplentes:

Dr. Nicolás Valenzuela Jiménez.- Primer suplente.
Dr. Felipe Becerril Morales.- Segundo suplente.

Sin más por el momento y agradeciendo su atención a la presente, le envío un cordial saludo.

Atentamente,
Terra uberrima, mens aperta
Bou la tama, chi jí jú

M. C. Raúl Moreno de la Torre
Jefe de la Carrera de Ingeniería
en Acuicultura



JEFATURA
INGENIERIA EN
ACUICULTURA

Vo. Bo. M. C. Héctor López Arjona
Vice-Rector Académico

c.c.p. M. C. Héctor López Arjona.- Vice-Rector Académico
c.c.p. Dr. Juan Pablo Alcántar Vázquez.- Director de tesis.
c.c.p. Archivo.

DEDICATORIA

A mi familia:

A mis hermanos:

Ninguna familia es perfecta, pero la nuestra lo es a su manera, sé que al inicio de esta travesía no estaban seguros de que lo lograría y hasta yo lo dudé en su momento, principalmente por la distancia. El estar lejos de todos ustedes dolía y preocupaba, porque ya no tendría mi equipo para defenderme o consolarme si las cosas se tornaran difíciles y aunque hicieron un excelente trabajo entrenándome para defenderme sola, siempre necesite de su compañía, pero quiero enfatizar que gracias a esa confianza, cariño y apoyo hemos logrado esto y que no lo habría logrado sin ustedes.

Gracias Francisco, Pedro, Armando, Miguel, Andrés y J. Andrés, Reyes, Angélica y Manuela.

A Pedro:

Recuerdo que fuiste el primero en decir, que se vaya si eso le gustaría estudiar, que lo haga, gracias a ti, los demás confiaron y ahora lo hemos logrado, Nunca entenderé por que pasan este tipo de cosas, pero pasaron y aunque en este momento no te encuentras con nosotros siempre te llevo y te llevaré en mi mente, siempre seremos 10. Te amo y te extraño hermano.

A mis padres:

Señora Isabel, sé que las relaciones de madre-hija son de lo más complicadas, pero usted es astuta y lo ha sabido hacer bien, eres la crítica más dura de satisfacer y siempre exigen lo mejor de uno, pero también eres la mujer más tierna y complaciente, tiene mi admiración y respeto, eres absolutamente maravillosa, madre. Gracias por estar siempre ahí para mí.

Cohazon, eres mi amigo, mi confidente, mi cómplice en chismes y maldades, mi compañero de luchitas, mi héroe... etc... pero lo que más me encanta es que eres mi padre, eres y serás el hombre más maravilloso de mi vida y al cual admiro y respeto, con la fuerza que se enfrenta a las adversidades, gracias por tus enseñanzas, tu incondicional apoyo y comprensión, pero sobre todo por todo tu amor.... Te amo papá.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad del Papaloapan:

Por permitirme ser parte de esta institución, el conocimiento adquirido y por el enorme apoyo durante mi estancia.

A la UJAT y en especial a la División Académica de Ciencias Biológicas:

Por su apoyo en la realización de este proyecto y las experiencias adquiridas en sus instalaciones.

A mis directores de tesis:

Dr. Juan Pablo Alcántar Vázquez, “apá” estaré eternamente agradecida por su tiempo, dedicación y esfuerzo, por las anécdotas, experiencias y conocimientos compartidos, es usted una de las pocas personas que admiro y respeto, sé que no fue fácil y que los corajes fueron grandes, así como las regañadas, pero gracias por la confianza y por no desistir, gracias por ser mi tutor y guía en esta travesía.

Dr. Carlos Alfonso Álvarez González, gracias por la confianza, el apoyo, por formar parte de mi enseñanza y por permitirme trabajar con usted, No hubiera sido posible realizar este proyecto sin su ayuda, muchas gracias.

A los revisores:

M.C. Daniel Calzada Ruíz:

Gracias por el apoyo brindado tanto en la realización de este proyecto como en mis días en la universidad, siempre tus consejos fueron de gran apoyo. Gracias Dani...

Dr. Nicolás Valenzuela Jiménez Y M.C. Raúl Moreno de la Torre:

Gracias por formar parte de este proyecto, por su apoyo y críticas que siempre tienen como objetivo la mejora constante.

A los profesores

M.C. Luis Guerrero y M.C. Edwin Aquino:

Siempre serán mi pareja favorita, gracias profesores por el conocimiento compartido, las vivencias, experiencias, consejos y regaños, pero sobre todo por el aprecio, la confianza y su incondicional apoyo, gracias por ser mis amigos.

Dra. Ma. Teresa Kido Cruz.

El placer en verdad fue mío, el conocer a una maravillosa mujer como usted, siempre se lo he dicho es mi figura a seguir, ya que es una persona admirable, muy fuerte y segura de sí misma, gracias por su tiempo, enseñanzas, consejos y afecto, pero sobretodo, muchas gracias por su amistad.

A mis amigos(as) Prisma, Eli, Paola, Miriam, Álvaro, Salvador, Cristóbal y Andrés.

Es verdad que las amistades son indispensables en la vida, con ellas se pasan risas, llantos, travesuras, regaños, viajes, borracheras, fiestas, trancazos, corazones rotos y hasta lutos, se pasa de todo y se vuelven como familia es por ello que les agradezco por dejarme ser parte de sus vivencias y por formar parte de las mías, algunas gratas y otras no tan gratas, pero siempre acompañadas de risas, fue increíble encontrarlos y que cada uno formara parte de esta cruzada llena de sudor, lágrimas y sangre (extraordinarios), gracias por su incondicional apoyo y por su constante recordatorio de que siempre se puede.

Aurelio.

Amigo mío gracias por todo, sea donde sea que estés, gracias por todo tu apoyo, cariño y confianza. Te quiero mucho amigo.

CONTENIDO

RESUMEN.-----	VII
ABSTRACT.-----	IX
INTRODUCCIÓN.-----	1
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA TILAPIA DEL NILO.-----	2
TÉCNICAS PARA EL CONTROL DEL SEXO EN LA TILAPIA DEL NILO.-----	3
EVALUACIÓN DE LA PROGENIE DE MACHO YY.-----	7
ESTUDIOS DE SUSTITUCIÓN DE HARINAS EN PECES.-----	9
COMPONENTES PRINCIPALES DE LAS HARINAS EXPERIMENTALES.-----	12
COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA CARNE DE RES.-----	12
COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA HARINA DE AVE.-----	13
COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA HARINA DE SOYA.-----	14
COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA HARINA DE SORGO.-----	15
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.-----	17
JUSTIFICACIÓN.-----	19
OBJETIVOS.-----	21
OBJETIVO GENERAL.-----	21
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.-----	21
MATERIALES Y MÉTODOS.-----	22
PRIMERA ETAPA.-----	22
LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO.-----	22
OBTENCIÓN DEL DESOVE.-----	23
COLECTA DE LA PROGENIE DE MACHO YY.-----	23
SEGUNDA ETAPA.-----	24
FORMULACIÓN Y ELABORACIÓN DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES.-----	24
DISEÑO DEL EXPERIMENTO.-----	25
EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO.-----	26
ANÁLISIS DE DATOS.-----	27
RESULTADOS.-----	28
COMPARACIÓN ENTRE LAS DIETAS FORMULADAS Y DIETA COMERCIAL.-----	28
COMPARACIÓN ENTRE LÍNEAS (PROGENIE DE MACHOS YY VS PROGENIE MASCULINIZADA).-----	28
COMPARACIÓN ENTRE DIETAS Y LÍNEAS UTILIZADAS.-----	29

DISCUSION.	33
CONCLUSIONES.	40
RECOMENDACIONES.	41
LITERATURA CITADA.	42

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. Macro, micro e ingredientes líquidos que contienen las dietas evaluadas.	25
TABLA 2. Índices de crecimiento y supervivencia final (promedio \pm E.S.) obtenidos en las dietas con sustituciones de harina de res con pollo (TR), harina de pescado (TF) y alimento comercial (TP) suministradas a progenie de macho YY y a progenie masculinizada de tilapia del Nilo <i>Oreochromis niloticus</i> .	29
TABLA 3. Índices de crecimiento y supervivencia final (promedio \pm E.S.) obtenidos en la progenie de machos YY y la progenie masculinizada de tilapia del Nilo <i>Oreochromis niloticus</i> alimentadas con dietas con sustituciones de harina de res con pollo, harina de pescado y alimento comercial	30
TABLA 4. Valores de desempeño durante el cultivo de la progenie de machos YY (PYY) y progenie masculinizada (PMM) alimentadas con diferentes dietas. TR = dieta de pollo y res, TF = dieta de pescado, TP = dieta tipo comercial.	32

RESUMEN.

Una de las alternativas más prometedoras a nivel comercial para eliminar el uso de esteroides exógenos de la producción de cultivos monosexo de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) es la tecnología de los machos YY. Esta tecnología tiene como finalidad utilizar machos con genotipo YY (supermachos) que al cruzarse con hembras normales (XX) produzcan progenies compuestas por un 100% de machos genéticos (XY) sin la necesidad de utilizar esteroides exógenos. Por lo tanto, una parte importante de esta tecnología es la evaluación del desempeño de su progenie bajo cultivo con la finalidad de acelerar su integración al cultivo comercial de la tilapia del Nilo. El objetivo del presente trabajo fue evaluar y comparar el desempeño de la progenie de machos YY contra el de una progenie masculinizada (con esteroides exógenos), alimentadas con dietas formuladas. Se emplearon dos tipos de dietas formuladas (isoproteicas) elaboradas con subproductos animales (dieta 1 = pollo y res, dieta 2 = pescado). Como control se utilizó alimento comercial (Purina). Cada dieta se evaluó por triplicado. El experimento duró en total 40 días. Se realizaron biometrías cada 20 días y con los datos de peso húmedo y longitud total obtenidos se calcularon los siguientes índices de crecimiento: peso ganado (PG) tasa de crecimiento diario (TCD), factor de condición (FC), biomasa ganada (BG), consumo de alimento diario (CAD), proteína ganada diaria (PGD) y eficiencia alimenticia (EA%) ganancia de peso porcentual (GP%). De igual forma, se calculó el factor de conversión alimenticia (FCA) y al final del experimento, la supervivencia (SF) y el porcentaje de machos (PM). No se observaron diferencias significativas entre la progenie de machos YY y la progenie masculinizada para ninguno de los índices de crecimiento analizados, con excepción del FC. Adicionalmente, no se observaron diferencias significativas en la SF entre la progenie

de machos YY y la progenie masculinizada. Entre dietas se observaron valores significativamente menores ($P < 0.05$) de PG, PGD, TCD, BG, CAD y GP% para la dieta elaborada a partir de subproductos de pescado. No se observaron diferencias significativas para ninguno de los índices evaluados entre la dieta comercial y la dieta elaborada a partir de subproductos de pollo y res. El porcentaje de machos fue de 100% para la progenie masculinizada, mientras que para la progenie de machos YY alcanzó solamente un 93%. Los resultados obtenidos indican que la progenie de machos YY muestra un crecimiento similar al de la progenie masculinizada bajo diferentes tipos de dietas. El porcentaje de machos obtenido para la progenie de machos YY, aunque no del 100% como se esperaba, no afectó negativamente su desempeño. Sin embargo, es recomendable su cultivo en jaulas flotantes donde la posibilidad de reproducción es muy baja.

Palabras clave: Progenie, tilapia del Nilo, machos YY, dietas formuladas, crecimiento.

ABSTRACT.

One of the most promising alternative at commercial level to eliminate the use of exogenous steroids from the production of monosex populations of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) is the YY-male's technology. This technology has the purpose of using males with YY genotype (supermales) that when crossing with normal females (XX) produce progenies composed of 100% of genetic males (XY) without the need to use exogenous steroids. Therefore, an important part of this technology is the evaluation of the performance of its progeny under culture in order to accelerate its integration into the commercial culture of Nile tilapia. The objective of this work was to evaluate and compare the performance of the progeny of YY males against that of a masculinized progeny (with exogenous steroids), fed formulated diets. Two types of formulated diets (isoproteic) made with by-products of animal origin were evaluated (diet 1 = chicken and beef, diet 2 = fish). As control, commercial feed (Purina) was used. Each diet was evaluated in triplicate. The experiment lasted a total of 40 days. Biometries were performed every 20 days and with the data of wet weight and total length obtained the following growth rates were calculated: weight gained (PG) daily growth rate (TCD), condition factor (FC), biomass gained (BG), daily food intake (CAD), daily protein gain (PGD) and food efficiency (EA%) percentage of weight gained (GP%). In the same way, feed conversion factor (FCA) and at the end of the experiment, the survival (SF) and the percentage of males (PM) were calculated. No significant differences were observed between the progeny of YY males and the masculinized progeny for any of the growth rates analyzed, with the exception of FC. Additionally, no significant differences were observed in the SF between the progeny of males YY and the masculinized progeny. Among diets, significantly

lower values were observed ($P < 0.05$) of PG, PGD, TCD, BG, CAD and GP% for the diet elaborated from fish by-products. No significant differences were observed for any of the indices evaluated between the commercial diet and the diet prepared from chicken and beef by-products. The percentage of males was 100% for the masculinized progeny, while for the progeny of YY males reached only 93%. The results obtained indicate that the progeny of YY males shows a growth similar to that of the masculinized progeny under different types of diets. The percentage of males obtained for the progeny of YY males, although not 100% as expected, did not affect negatively their performance. However, it's recommended to grow in floating cages where the possibility of reproduction is very low.

Keywords: Progeny, Nile tilapia, YY males, formulated diets, growth.

INTRODUCCIÓN.

En la actualidad la producción acuícola mundial sigue creciendo, según la FAO (2016) a nivel mundial, la producción acuícola alcanzó un máximo histórico de 73.8 millones de toneladas (160,200 millones de dólares) en 2014, compuesto por 49,8 millones de toneladas de peces de escama (99.200 millones de dólares), 16,1 millones de toneladas de moluscos (19.000 millones de dólares), 6,9 millones de toneladas de crustáceos (36.200 millones de dólares) y 7,3 millones de toneladas de otros animales acuáticos como las ranas (3.700 millones de dólares). Adicionalmente, algunos países reportaron de forma colectiva la producción de 22,400 toneladas de productos no alimentarios (222.4 millones de dólares), tales como perlas y conchas marinas para usos ornamentales y decorativos. La FAO (2014) estima que la producción acuícola mundial de peces comestibles representó un 44.1% en el 2014 del volumen total reportado.

El crecimiento de la acuicultura en la producción de peces comestibles, de acuerdo a los 15 primeros países productores y a los principales grupos de especies cultivadas en 2012, ha sido liderado por especies de aguas continentales en comparación con especies marinas, con tasas medias de crecimiento anual del 9.2% y el 7.6%, respectivamente. En consecuencia, la acuicultura continental ha logrado incrementar progresivamente su aportación a la producción total de peces comestibles cultivados del 50% en 1980 al 63% en 2014 (FAO, 2014).

En lo que respecta a las tilapias y otros ciclidos relacionados, en particular la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), su cultivo constituye el tipo de acuicultura más extendida del mundo (FAO, 2016). La producción mundial de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) es la

de mayor producción (99.21 %) dentro del grupo, seguida de la tilapia Mozambique (*O. mossambicus*) con 0.71 % y otras especies como la *O. aureus*, *Tilapia rendalli* y *Tilapia zillii* (0.08 %) (FishStat, 2016).

En lo que respecta a México, en el 2014 la acuicultura aportó 128,866 ton de tilapia, teniendo una participación del 94.9% de la producción total nacional (acuicultura y pesca), lo que la ubica actualmente por su volumen en el cuarto lugar de producción. Los estados con mayor producción son Jalisco (21%), Chiapas (19%), Michoacán (12%) y Veracruz (10 %). La tasa media de crecimiento anual de la producción en los últimos 10 años ha sido de 5.68%. (CONAPESCA, 2014).

Por último, la región del Papaloapan, produjo un estimado de 14,722 toneladas de tilapia en el año 2014, de las cuales 13,393 ton corresponden al estado de Veracruz y 1,329 ton a Oaxaca. De esta manera la región representó el 16% de total del país (CONAPESCA 2014).

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA TILAPIA DEL NILO.

Las tilapias habitan principalmente en regiones tropicales del mundo, donde las condiciones ambientales favorecen su reproducción y crecimiento. Entre sus variedades destacan la tilapia del Nilo (*O. niloticus*), la tilapia azul (*O. aureus*) y la tilapia Mozambique (*O. mossambicus*) (Arredondo y Lozano, 1996).

Las tilapias se caracterizan por ser un grupo de peces de agua cálida, que vive tanto en agua dulce como salada. Son especies aptas para el cultivo en zonas tropicales y subtropicales, se adaptan con gran facilidad a estanques, lagunas, reservorios y aceptan con gran facilidad diferentes tipos de alimento, tanto los producidos naturalmente como los alimentos artificiales.

Lo anterior las convierte en una de las especies importantes de explotación gracias a su alta rusticidad, alta adaptabilidad a diferentes condiciones del medio, de fácil reproducción y alta resistencia a enfermedades, omnívora, aunque principalmente herbívora, tolera altas densidades de cultivo, es capaz de utilizar la productividad primaria de los estanques y finalmente puede ser manipulada genéticamente (Jiménez y Arredondo, 2000).

Sin embargo, un problema recurrente durante su cultivo, es la alta precocidad reproductiva, que produce sobrepoblación en los estanques y con ello la aparición de enfermedades causadas por el estrés y por un decremento de la calidad del agua, especialmente la concentración de oxígeno disuelto en el agua. Adicionalmente, la maduración precoz trae como consecuencia que los peces utilicen la energía en la conducta sexual y en la maduración de los gametos, en lugar del crecimiento somático, este efecto es más notorio en la hembra, ya que esta se encarga de incubar los huevos en la boca y suspende su alimentación hasta que eclosionan los huevos fertilizados en el tiempo de 3 a 4 días (Arboleda-Obregón, 2005).

TÉCNICAS PARA EL CONTROL DEL SEXO EN LA TILAPIA DEL NILO.

Como resultado de los problemas asociados a la maduración precoz, han desarrollado varias estrategias que permiten controlar o evitar la reproducción de tilapia del Nilo en condiciones de cultivo, para evitar la sobrepoblación en los estanques, las más comunes son:

- El sexado manual consiste en separar a los machos y a las hembras, los cuales son cultivados en estanques separados. El trabajo de separación es laborioso y consume

mucho tiempo y en muchos casos su eficacia no alcanza el 100% (Jiménez y Arredondo, 2000; Daza *et al.*, 2005).

- Los cultivos a elevadas densidades o en jaulas flotantes pueden retrasar la aparición de la maduración y hacen físicamente imposible la fertilización de los huevos (Daza *et al.*, 2005).
- La producción de híbridos obtenidos mediante la cruce entre especies de tilapia ha dado buenos resultados al producir poblaciones con altos porcentajes de machos, con lo que es posible establecer cultivos monosexos (Jiménez y Arredondo, 2000; Daza *et al.*, 2005).
- Actualmente la producción de peces estériles mediante la manipulación genética (haploides, triploides, poliploides) es una alternativa viable. Sin embargo, se requiere más estudios para que sea una técnica comercial para la tilapia de Nilo (Jiménez y Arredondo, 2000; Arias y Páramo, 2001; Daza *et al.*, 2005).
- Por último, la reversión sexual a través de hormonas ha sido reconocida como la técnica más eficiente para producir poblaciones monosexo, exclusivamente de machos, ya que estos muestran un mejor desempeño en cuanto a crecimiento y ganancia de peso (Jiménez y Arredondo, 2000; Hurtado, 2005; Daza *et al.*, 2005)

La aplicación de hormonas durante la reversión sexual se realiza principalmente a través de las dietas comerciales proporcionadas a los alevines inmediatamente después de la eclosión, antes de la diferenciación sexual de los alevines y permite obtener hasta un 98% de machos (Jiménez y Arredondo, 2000; Hurtado, 2005; Daza *et al.*, 2005).

La producción de poblaciones monosexo en el cultivo de tilapia del Nilo a través de la reversión sexual permite la eliminación de la reproducción incontrolada y permite la producción de peces de talla comercial (Varadaraj, 1989). Las poblaciones compuestas exclusivamente por machos muestran un mayor crecimiento, lo cual ha convertido, por muchos años, a la reversión sexual en la técnica más eficaz para aumentar la producción (Vera-Cruz *et al.*, 1996; Mair *et al.*, 1997; Müller y Hörstgen, 2007).

Sin embargo, actualmente la utilización de hormonas para revertir el sexo dentro de la industria de la tilapia del Nilo se ha convertido en un tema muy controvertido, ya que existe una creciente preocupación por la acumulación de hormonas naturales y sintéticas en los cuerpos de agua cercanos a las granjas, principalmente en zonas costeras (Leet *et al.*, 2011). Por otro lado, un gran número de consumidores demanda una producción amigable con el ambiente y no están interesados en consumir productos que han sido tratados con hormonas o sustancias activas similares (Piferrer, 2001; Müller y Hörstgen, 2007).

El desarrollo y aplicación de nuevas técnicas que requieren un reducido uso de hormonas ha venido a ocupar en los últimos años un espacio importante como alternativas rentables a nivel comercial. Una de estas alternativas ha sido desarrollada en la tilapia azul y consiste en la reversión sexual de los machos por medio de un estrógeno administrado oralmente durante 40 días (Melard, 1995). Esta reversión produce pseudohembras (hembras funcionales con genotipo masculino) que al ser cruzadas con machos normales producen, dependiendo de varios factores (genéticos y ambientales), entre un 68 a un 100% de machos (Melard, 1995; Desprez *et al.*, 1995).

Otra de estas alternativas consiste en el desarrollo de machos YY, también conocidos como supermachos. Esta técnica ha sido desarrollada por la industria privada y pública en países de Europa y el sureste de Asia (Filipinas). El objetivo de producir reproductores machos YY de tilapia del Nilo, es que al cruzarlos con hembras normales (XX) se pueden obtener poblaciones compuestas al 100% por organismos genéticamente machos (XY) sin el uso de hormonas (Varadaraj, 1989; Vera-Cruz *et al.*, 1996; Mair *et al.*, 1997). Sin embargo, aunque la técnica no requiere el uso de hormonas para producir las poblaciones monosexo que son comercializadas, la primera etapa de la técnica requiere la feminización de lotes de alevines naturalmente machos a través de hormonas estrógenas, ya sean naturales o sintéticas para producir hembras XY (Mair *et al.*, 1997)

La producción de hembras XY y machos YY ha sido desarrollada con éxito desde hace cuatro años en las instalaciones de la Universidad del Papaloapan, campus Loma Bonita, logrando formar un lote de aproximadamente 140 machos YY y 30 hembras XY. A partir de estos lotes ha sido posible generar progenie de macho YY (también llamada tilapia genéticamente macho) que ha sido comercializada a nivel piloto con granjas de engorda de la región, obteniendo al momento un crecimiento similar al observado en alevines masculinizados, pero con una proporción de machos (sin el uso de hormonas) del 93% al 98%. Sin embargo, para poder eliminar el uso de hormonas por completo del cultivo comercial de la tilapia del Nilo, es necesario evaluar el crecimiento de la progenie de machos YY, así como varios aspectos de su desempeño bajo cultivo.

EVALUACIÓN DE LA PROGENIE DE MACHO YY.

Los trabajos relacionados con el rendimiento de la progenie de machos YY son escasos y por lo general se limitan en líneas específicas, a evaluar aspectos de su crecimiento y supervivencia.

Mair *et al.* (1995) evaluaron la progenie de machos YY de la línea egipcia en condiciones de laboratorio bajo tres diferentes sistemas de cultivo y la compararon contra progenie hormonada y sin hormonar (ambos sexos). Los resultados obtenidos mostraron un crecimiento significativamente mayor ($P = 0.003$) en la progenie de machos YY en comparación con la cría hormonada y sin hormonar. Los autores concluyen que la progenie de machos YY de la línea egipcia tiene potencial para incrementar los rendimientos obtenidos bajo cultivo comercial.

Tuan *et al.* (1998) en uno de los primeros trabajos que involucró varias líneas de tilapia del Nilo, evaluaron el crecimiento de la progenie de machos YY pertenecientes a la variedad filipina, a la variedad tailandesa y a cruzas realizadas entre ambas. Así mismo, se comparó su crecimiento contra el obtenido por alevines masculinizados con 17α -metiltestosterona de las mismas líneas. El experimento se llevó a cabo en jaulas flotantes con agua fertilizada (con microalgas). Los resultados obtenidos arrojaron un crecimiento significativamente superior ($P < 0.001$) en las líneas hormonadas con 17α -metiltestosterona. A la etapa de cosecha, el peso de la línea hormonada de la variedad tailandesa fue 55.6% más alto que el obtenido por la progenie de machos YY de la línea filipina. Los autores atribuyen estos resultados a la superioridad de la línea tailandesa y a problemas de adaptación al ambiente de experimentación de la progenie de macho YY pertenecientes a la variedad filipina. De igual

forma, los autores sugieren evaluar el desempeño de la progenie de machos YY bajo otros sistemas de cultivo.

Perschbacher *et al.* (2002) evaluaron el crecimiento, el peso a la etapa de cosecha, la supervivencia y la tasa de conversión alimenticia en la progenie de machos YY y poblaciones mixtas de tilapia del Nilo. El experimento se llevó a cabo en un sistema de recirculación compuesto por tanques de acrílico de 540 L y con una duración de 103 días hasta la cosecha. Los resultados obtenidos indicaron un peso significativamente ($P < 0.05$) mayor en la progenie de machos YY en comparación con la población mixta. No se observaron diferencias significativas en la supervivencia entre ambos grupos (96%). En lo que respecta a la tasa de conversión alimenticia, la progenie de machos YY presentó un menor valor, cercano a 1, especialmente cuando fueron alimentados al 4% del peso corporal diario. Por último, la tasa de crecimiento fue significativamente ($P < 0.05$) más rápido (22%) en comparación con la población mixta, en particular cuando la ración alimenticia disminuyó a un 2% del peso corporal diario. Se concluyó que la progenie de machos YY tiene un desempeño superior a las poblaciones mixtas, ya que la presencia de solo machos garantiza un mejor crecimiento y conversión alimenticia y estos son más agresivos a la hora de alimentarse. Adicionalmente, la eliminación del uso de hormonas exógenas es una ventaja importante del uso de la progenie de machos YY.

En estudios más recientes, Khan *et al.* (2014) compararon en la tilapia del Nilo, el crecimiento de la progenie de machos YY contra el obtenido por una población mixta en un sistema abierto compuesto por tanques de cemento, bajo dieta alternativas (gluten de maíz, soya, pulido de arroz, salvado de trigo, harina de girasol y nutrimix®) elaboradas con 30%,

35% y 40%, suministrada al 4% del peso corporal. Los resultados obtenidos muestran un mejor crecimiento, tanto en la población mixta, como en la progenie de machos YY con la dieta al 40% de proteína. Al comparar ambas poblaciones, los mejores resultados, no solo en crecimiento, sino en conversión alimenticia y supervivencia se observaron en la progenie de machos YY. Los autores concluyen en este caso, que la progenie de machos YY presenta claras ventajas sobre el cultivo de poblaciones mixtas utilizando dietas alternativas elaboradas al 35% y 40% de proteína. Zahirul *et al.* (2015) compararon el crecimiento, supervivencia y desempeño productivo de la progenie de machos YY, crías masculinizadas a través de 17 α -metiltestosterona y poblaciones mixtas de tilapia del Nilo. El experimento se desarrolló en estanques de tierra a una densidad de 100 peces/m² durante 105 días. Al final del experimento, los resultados obtenidos registraron un crecimiento significativamente superior en la progenie de machos YY ($P < 0.05$), seguido de las crías masculinizadas y finalmente la población mixta. En cuanto a la supervivencia no se registraron diferencias significativas. Por último, el rendimiento neto (kg por hectárea) fue significativamente más alto ($P < 0.05$) en la progenie de machos YY al compararlo con los obtenidos por las crías masculinizadas y las poblaciones mixta. Los autores concluyeron que el cultivo de la progenie de macho YY es más rentable bajo este tipo de cultivo, además que ofrece la oportunidad de cultivar la tilapia del Nilo de manera más amigable con el ambiente al eliminar el uso de hormonas.

ESTUDIOS DE SUSTITUCIÓN DE HARINAS EN PECES.

El valor nutricional de un alimento o ingrediente se basa tanto en la digestibilidad, la composición química de éste, así como en la proporción en que el pez puede absorberlo y

utilizarlo. El desarrollo de nuevos ingredientes que proporcionen la misma calidad nutricional y permitan mejorar los procesos de absorción y aprovechamiento de los nutrientes al mismo tiempo que disminuyan los costos de producción haciendo más rentable el cultivo es uno de los objetivos de la acuicultura actual.

Abdel-Warith *et al.* (2001) sustituyeron la harina de pescado por subproducto de aves de corral con una inclusión del 20%, 40%, 60%, 80% y 100% utilizado como control en dieta para el bagre africano (*Clarias gariepinus*); estos autores concluyeron que la dieta que contiene el 40% de la harina del subproducto de aves de corral es adecuada para reemplazar a la harina de pescado sin efecto adverso al crecimiento.

Millamena (2002) reemplazó la harina de pescado por harina de carne y harina de sangre con diferentes niveles de inclusión a partir de 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 60%, 80%, y 100% utilizado como control en dieta para el mero de manchas naranjas (*Epinephelus coioides*), obteniendo como resultado que el 80% de la harina de pescado puede ser reemplazado por la harina de carne y harina de sangre sin efectos negativos sobre la tasa de crecimiento.

Van y Yu (2003) sustituyeron la harina de pescado por harina de carne y hueso utilizando diferentes niveles, a partir de 0%, 14%, 20%, 40% y 80% en dietas para la panga (*Pangasianodon hypophthalmus*), los resultados obtenidos indicaron que la dieta que contiene un 80% de la harina de carne y hueso puede reemplazar a la harina de pescado sin afectar el desempeño de este bagre.

En otro estudio, Brown (2005) evaluó la harina de carne y hueso utilizando diversas dietas con inclusiones a partir de 0%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40% y 45% en una dieta

para la lobina negra (*Micropterus salmoides*). Este autor encontró que la harina de carne y hueso puede ser una fuente rica de proteínas y aminoácidos esenciales en la dieta de lobina y utilizando el más alto nivel de inclusión en la fórmula, la dieta puede reducir su costo en un 20%.

Por otra parte, Peters *et al.* (2006) estudiaron el nivel óptimo de sustitución de la harina de Pescado por harina de hidrolizado de plumas en alimentos para alevines de tilapia roja (*Oreochromis sp*), con diferentes niveles de inclusión a partir de 20%, 35% y 50% y una dieta control exenta de hidrolizado de pluma. Estos autores concluyeron que una sustitución hasta del 50% es tan eficiente, como la dieta control además de ser la más económica.

Zhang *et al.* (2006) reemplazaron la harina de pescado por harina de carne y hueso, utilizando diferentes niveles de inclusión 20%, 40%, 60%, 80% y 100% en dietas para la carpa gibel (*Carassius auratus gibelio*), determinando que una inclusión al 20% de la harina de carne y hueso puede ofrecer un buen crecimiento, por lo que puede llegar a ser a nivel comercial un buen sustituto a la harina de pescado.

Avalos (2006) evaluó la sustitución parcial y total de harina de sardina con harina de cerdo utilizando diferentes niveles de inclusión (60%, 70%, 80%, 90% y 100%) en alimentos para juveniles de tilapia del Nilo. Como resultado principal, el reemplazó de la harina de cerdo en un 35% de inclusión de la harina de sardina, no mostró un efecto significativo en la supervivencia o el crecimiento.

Estudios realizados por Qinghui *et al.* (2006) sustituyeron la harina de pescado por harina de carne y hueso con una inclusión de 0%, 15%, 30%, 45%, 60% y 75% para la corvina amarilla (*Pseudosciaena crocea*). Estos autores concluyeron que la harina de carne y hueso

puede sustituir hasta en un 45% a la harina de pescado sin reducir el crecimiento de este organismo.

Shapawi *et al.* (2007) sustituyeron la harina de pescado por harina de ave con una inclusión de 50%, 75% y 100% en dieta para el mero (*Cromileptes altivelis*), los resultados obtenidos indican que se puede sustituir hasta en un 50% a la harina de pescado por la harina de ave para la dieta con fines comerciales; no obstante, la sustitución total podría limitar la digestibilidad de los nutrientes y aminoácidos esenciales, principalmente la lisina y metionina.

Zhang *et al.* (2008) trabajar con la corvilla amarilla (*Pseudosciaena crocea*) sustituyeron la harina de pescado por una mezcla de harinas (soya, harina de carne y hueso, harina de cacahuete, harina de semilla de colza), a las cuales se les adicionaron los aminoácidos esenciales metionina, lisina e isoleucina utilizando niveles de inclusión a partir de 0%, 13%, 26%, 39%, 52% y 65%, como resultado lograron sustituir un 26% de la harina de pescado sin efectos adversos sobre el crecimiento,

COMPONENTES PRINCIPALES DE LAS HARINAS EXPERIMENTALES.

COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA CARNE DE RES.

La harina de subproductos de carne de res utilizada en el presente experimento fue fabricada por la empresa RENPRO (rendimiento proteínico S.A de C.V). Se caracteriza por ser una mezcla adecuada de subproductos cárnicos de res, su color amarillo ocre, aroma característico y condiciones sanitarias en las que es procesada nos permite asegurar una excelente calidad al producto. Por su contenido proteínico (48-50%) y excelente digestibilidad (91-93%) las

harinas de carne tienen la finalidad de ayudar de manera importante en el incremento del rendimiento nutricional (peso muscular) del animal debido a sus proteínas fibrosas que ayudan a que el animal desarrolle mejor y más rápido su masa muscular (RENPRO, 1984-2019).

Perfil nutricional de la harina de carne de res:

Humedad (%) <5%

Cenizas (%) <35%

Proteína (%) >48%

Digestibilidad >90%

Extractos etéreos > 8%

Calcio < 6.5%

Fosforo < 6.5%

Fibra > 2.5%

COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA HARINA DE AVE.

La harina de ave utilizada en el presente experimento es un subproducto avícola considerado una fuente de proteína con alto valor biológico, con un coeficiente de digestibilidad del 82% y composición química adecuada, además de proporcionar minerales y vitaminas, principalmente B12, llegando a aportar algunos aminoácidos marcadamente deficientes en las proteínas vegetales (Wisman *et al.*, 1958).

Si consideran sus características nutricionales, su reducido costo (la harina de ave solo cuesta aproximadamente dos tercios del costo de otras proteínas animales) y su disponibilidad en gran cantidad, la inclusión de esta fuente de proteína en dietas comerciales contribuiría a

una reducción significativa del precio de producción, permitiendo al mismo tiempo la utilización de un subproducto de buena calidad (Bishop *et al.*, 1995).

Perfil nutricional de la harina de ave:

Humedad, 7.7 -7.9%

Proteína cruda, 54-61%

Extracto etéreo, 18- 26%

Total, de ceniza, 9.59 -17.6%

Ceniza, ácido insoluble, 0.16-0.22%

Calcio, 3.2%

Fósforo, 1.8%

Energía bruta, en un rango de 6060-6220 kcal/kg.

COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA HARINA DE SOYA.

La harina de soya utilizada se obtiene a partir de los granos de soya tostados y molidos muy finamente. La harina de soya es una rica fuente de proteínas, de hierro, de vitaminas B y de calcio. La calidad del grano de soya destinado a la elaboración de alimentos está relacionada con su contenido de aceite y proteína. La concentración relativa de nitrógeno y azufre en el grano, determina el valor nutricional de la proteína. La concentración proteica de la soya es la mayor de todas las legumbres. Pero no sólo es importante por la cantidad, sino que también lo es por su calidad. Por lo general, las proteínas provenientes de los alimentos de origen vegetal tienen un bajo contenido de aminoácidos sulfurados (metionina y cisteína) (Ridner, 2006).

Perfil nutricional de la harina de soya:

Calorías, 421 kcal.

Grasa, 20.60 g.

Colesterol, 0 mg.

Sodio, 4 mg.

Carbohidratos, 13 g.

Fibra, 17.30 g.

Azúcares, 7 g.

Proteína, 37.30 g.

Vitamina A, 14 ug.

Vitamina C, 0 mg.

Vitamina B12, 0 ug.

Calcio, 195 mg.

Hierro, 12 mg

Vitamina B3, 9.32 mg.

COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA HARINA DE SORGO.

El sorgo o maíz de Guinea (Purseglove, 1972) pertenece a la tribu Andropogonae de la familia herbácea Poaceae. El sorgo se caracteriza por presentar espiguillas que nacen en pares, se caracteriza por ser rico en fibra y vitaminas B, así como hierro y fósforo (FAO, 2012),

Perfil nutricional de la harina de sorgo:

Carbohidratos 74.6 g

Fibra. 6.3 g

Proteína. 11.3 g

Azúcares 2.7 g

Ácidos grasos totales 3.3 g

Ácidos grasos saturados 0.5 g

Ácidos grasos monoinsaturados 1 g

Ácidos grasos polinsaturados 1.4 g

Omega 3. 65 mg

Omega 6. 1305 mg

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La tilapia del Nilo en México es una de las especies de mayor importancia en nuestro país, ya que es una especie de fácil acceso y que en el mercado es económica y proporciona nutrientes esenciales. A nivel de producción en la acuicultura, es una de las más destacadas debido a que crece y se reproduce en un amplio rango de condiciones ambientales y tiene la facilidad de adaptarse a diversos métodos de producción.

Hoy en día en la producción comercial de la tilapia del Nilo, la reversión sexual influenciada por hormonas exógenas es la técnica más usada para la obtención de poblaciones monosexo, las cuales aumentan significativamente la rentabilidad de las granjas acuícolas. Esto permite una comercialización de peces más grandes y de tallas más homogéneas todo el año. Sin embargo, la reversión sexual directa a través del uso de hormonas, genera una percepción negativa por parte los consumidores finales del producto y, por otro lado, la liberación de grandes volúmenes de hormonas a través de los efluentes de los laboratorios de producción acarrea problemas a los cuerpos de agua circundantes y sus poblaciones silvestres.

En la actualidad existen varias técnicas alternativas para reducir el uso de hormonas en el cultivo de la tilapia del Nilo, como es el caso de la producción de machos YY, en la cual por medio de un cambio cromosómico (dos cromosomas Y) en los reproductores se obtiene como resultado al reproducirlas con hembras normales (XX) un porcentaje cercano al 100% de alevines machos genéticos sin necesidad del uso de hormonas, evitando de esta manera los problemas asociados a la reproducción en etapas tempranas.

En los últimos cuatro años esta técnica ha sido desarrollada en la Universidad del Papaloapan, Campus Loma Bonita, por lo que actualmente se busca evaluar el desempeño de

la progenie de los machos YY y compararlo contra el de alevines masculinizados, pues si las tendencias actuales apuestan por una eliminación completa del uso de hormonas exógenas de la producción de alevines, el crecimiento de la progenie de machos YY debe ser igual o superior al de los alevines masculinizados.

Por otro lado, actualmente se buscan alternativas para disminuir los costos de producción que representa el alimento comercial, ya que, aunque para el cultivo de la tilapia del Nilo se cuenta con alimento formulado para cada una de las etapas de su desarrollo, este representa hasta el 60% de los costos de producción. Adicionalmente, se busca reducir la sobreexplotación que se realiza de los océanos al capturar peces silvestres para elaborar el alimento comercial, pues la harina que se utiliza proviene de especies marinas en muchos casos sobreexplotadas.

JUSTIFICACIÓN.

La región del Papaloapan es una de las zonas con mayor potencial para el cultivo de la tilapia del Nilo, ya que cuenta con las condiciones climáticas que favorecen su cultivo. Actualmente, nuestra región representa el 16% del total nacional de cultivo de la tilapia del Nilo; no obstante, el estado de Oaxaca produce menos del 5% del volumen total a pesar de contar con condiciones adecuadas y con grandes cuerpos de agua para desarrollar la producción en esta región. Es necesario incrementar el cultivo de tilapia del Nilo en la región del Papaloapan y que este se acompañe de nuevas biotecnologías enfocadas al control del cultivo sustentable.

La sustentabilidad del cultivo de tilapia del Nilo se ha convertido en los últimos años en un aspecto importante, ya que el uso de grandes cantidades de hormonas para masculinizar la progenie en el cultivo comercial de tilapia del Nilo, ha provocado que se genere una gran preocupación por la acumulación de hormonas en los cuerpos de agua tanto en ríos y lagos.

Debido a lo anterior, se ha impulsado el desarrollo de nuevas técnicas que permitan reducir el uso de hormonas en el producto final, así como incrementar los rendimientos obtenidos en la producción. Una de estas técnicas es la producción de machos YY, también llamados “supermachos”.

La producción de machos YY desarrollada con éxito en las instalaciones de la Universidad del Papaloapan, Campus Loma Bonita (Alcántar-Vázquez *et al.*, 2014^a; Alcántar-Vázquez *et al.*, 2014^b) ha logrado reproducir machos YY con hembras normales (XX) y se han obtenido porcentajes cercanos al 100% de alevines machos genéticos, sin embargo, no se ha comparado su desempeño bajo cultivo con respecto a la cría masculinizada, la usada en la región.

Debido a lo anterior, es necesario evaluar la progenie de machos YY bajo diferentes formas de cultivo, incluido el cultivo con dietas formuladas, las cuales pueden ser en el futuro cercano una alternativa real para reducir costos y mejorar el rendimiento mediante el uso de dietas formuladas elaboradas con ingredientes de fácil acceso y económicos.

OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL.

Evaluar el efecto de dietas elaboradas con subproductos de fuentes animales en el cultivo de la progenie de machos YY de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Evaluar los índices de crecimiento de la progenie de machos YY de la tilapia del Nilo alimentada con dietas elaboradas con subproductos de fuentes animales.
- Evaluar los índices alimenticios de la progenie de machos YY de la tilapia del Nilo alimentada con dietas elaboradas con subproductos de fuentes animales.
- Evaluar el factor de conversión alimenticia de la progenie de machos YY de la tilapia del Nilo alimentada con dietas elaboradas con subproductos de fuentes animales.
- Evaluar el factor de condición de la progenie de machos YY de la tilapia del Nilo alimentada con dietas elaboradas con subproductos de fuentes animales.

MATERIALES Y MÉTODOS.

El presente trabajo se realizó en dos etapas, la primera etapa comprende la obtención de la progenie genéticamente macho a partir de reproductores YY, en la Unidad Acuícola Experimental perteneciente a la Universidad del Papaloapan (UNPA), campus Loma Bonita, una vez recolectada la progenie se trasladó a la Unidad Granja de Producción del Tesechoacan (La Cuatezona, Veracruz) donde fueron puestos bajo las mismas condiciones que los alevines masculinizados.

La segunda etapa consistió en la formulación y elaboración las dietas experimentales en el área de nutrición del laboratorio de Acuicultura tropical de la División de Ciencias Biológicas (DACBIOL) perteneciente a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) ubicada en Villahermosa, Tabasco; así como la evaluación de las dietas experimentales en el desempeño de la progenie de machos YY en las instalaciones de la UNPA.

PRIMERA ETAPA.

LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO.

La Unidad Acuícola Experimental perteneciente a la Universidad del Papaloapan se encuentra ubicada en Loma Bonita, Oaxaca, en las coordenadas 18° 06' latitud Norte y 95° 53' longitud Oeste, a una altura de 30 msnm. La temperatura y precipitación anual promedio es de 25°C y 1845.2 mm, respectivamente (FAM, 2014).

OBTENCIÓN DEL DESOVE.

Se utilizaron dos grupos formados cada uno por un macho YY (1.5-1.8 kg) y 3 hembras normales (XX, 400-500 g). Cada uno de los grupos de los reproductores se distribuyeron en dos estanques exteriores de ferrocemento de 3 m de diámetro. Se alimentaron dos veces al día con pellets comerciales al 25% de proteína (Nutripec, Purina®).

COLECTA DE LA PROGENIE DE MACHO YY.

Los alevines obtenidos se colectaron aproximadamente a 18 días después de colocar los reproductores sifoneando el 90% del volumen total del estanque y utilizando mallas de 25 cm para barrer el fondo del estanque. Una vez colectados los alevines, se mezclaron, contaron y transportaron a las instalaciones de la Unidad Granja de Producción del Tesechoacan (La Cuatezona, Veracruz) perteneciente al Sistema Cooperativo Integral. El sistema de recirculación está compuesto por seis estanques rectangulares de concreto con capacidad de 720 litros, conectadas a un filtro mecánico y un filtro de luz UV. Al mismo tiempo que se sembró la progenie de los machos YY, se sembró la progenie de reproductores normales (macho XY y hembra XX) adquiridos en la granja de Tesechoacan (La Cuatezona, Veracruz), las cuales fueron hormonadas con 17α -metiltestosterona agregado a una concentración de 60 mg/Kg. Se alimentaron a saciedad aparente cada hora por 30 días con alimento comercial al 53% de proteína (0.35 mm Nutripec, Purina®), no hormonado para el caso de la progenie de machos YY.

SEGUNDA ETAPA.

FORMULACIÓN Y ELABORACIÓN DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES.

Las dietas experimentales se formularon utilizando el software MIXITWIN 5. Para la elaboración de las dietas experimentales se tomaron como guía el protocolo propuesto por Álvarez-González *et al.* (2001), diseñándolas para que sean isoproteicas (Tabla 1). La fabricación del pellet se realizó con los ingredientes reportados en la Tabla 1, de la siguiente forma: los macroingredientes (harina de pescado, harina de ave, harina de res, harina de sorgo y harina de soya) se tamizaron con una criba de 500 μm , para homogenizar el tamaño de las partículas, se mezclaron de forma manual y se homogeneizaron durante 20 minutos en una mezcladora (Bathmex 178716). Posteriormente fueron pesados y mezclados los microingredientes (vitamina C, premezcla de vitaminas y minerales). Se pesaron los ingredientes líquidos (aceite de pescado y lecitina de soya) y se homogenizaron manualmente con una cuchara o espátula durante 10 a 12 minutos hasta formar una mezcla viscosa, para después ser incorporados a la mezcla de macro y microingredientes durante 15 minutos, durante ese tiempo se le agregó poco a poco 15% de agua destilada, una vez mezclados todos los ingredientes se pasaron a un molino de carne con capacidad 1 HP (Tor-rey), los pellets se cortaron manualmente a 4.5 mm de diámetro con un dado y se tamizaron en diferentes cribas (300, 500, 1000 μm), con el objetivo de obtener el tamaño adecuado para la boca de los organismos, ya que esta se incrementa conforme se incrementa el crecimiento de los mismos. Posteriormente el pellet fue secado utilizando una estufa durante 12 h a una temperatura de 65°C.

DISEÑO DEL EXPERIMENTO.

Se empleó un diseño completamente al azar, en un arreglo factorial (2 X 3) con tipo de tipo de tilapia (YY y masculinizada) y dietas (res y pollo, pescado y comercial-Purina) como factores de interés para evaluar el desempeño del crecimiento en peso y talla. Las unidades experimentales fueron 18 estanques de fibra de vidrio con una capacidad de 60 L. conectadas a un sistema cerrado, cada una con suministro de agua y aireación, en cada una de las tinas se sembraron 25 organismos de un tamaño aproximado de 2 a 3 cm. Cada tratamiento conto con tres repeticiones.

Tabla 1. Macro, micro e ingredientes líquidos que contienen las dietas evaluadas.

INGREDIENTES	DIETA 1	DIETA 2	DIETA 3
	TF	TR	TP
Harina de pez	59.0	0	0
Harina de res	0	45.54	0
Harina de ave	-	20.0	0
Harina de semilla de sorgo +10%	18.0	11.6	0
Harina de semillas de soya 44%	10.0	10.0	0
Aceite de pescado	6.0	6.0	0
Lecitina de soya	3.0	3.0	0
Grenetina	2.0	2.0	0
Premezcla de Vit-Min	1.5	1.5	0
Vitamina C	0.5	0.5	0
NUTRIENTES (g 100 g dieta seca⁻¹)			
MEt Energia (m)	2,620	1,48	0
Proteína	43.6	44.0	45.0
Grasa	15.0	15.0	8.0
Fibra	1.5	1.3	5.0
Ceniza	13.2	2.0	10.0

Las cantidades están expresadas en gramos, así como su contenido nutricional. TR = dieta de subproductos res y pollo, TF = dieta de subproductos de pescado y TP = dieta comercial.

Se alimentaron tres veces al día, la cantidad fue ajustada al 10% de la biomasa total obtenida en cada biometría en un periodo aproximado de dos meses. El alimento fue pesado en una balanza analítica con precisión de 0.01 g (Denver Instrument, 18 XP-300). Se realizaron biometrías cada 20 días para monitorear el peso húmedo utilizando una balanza analítica (0.01 g) y un ictiómetro para obtener la longitud total.

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO.

Una vez finalizado el experimento se calcularon los siguientes parámetros para obtener y evaluar el desempeño de la progenie de machos YY y la progenie masculinizada:

- Peso Ganado, PG = Peso individual final- peso individual inicial
- Biomasa Ganada, BioG = Biomasa final- Biomasa inicial
- Proteína Ganada Diaria, PGD = Peso individual final – peso individual inicial / días
- Factor de conversión alimenticia, FCA = (Alimento consumido total, g / Ganancia en peso, g)
- Tasa crecimiento específico, TCE = $[(\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}) / \text{días}] \times 100$.
- Factor de condición, CF = $(\text{Peso promedio final} / \text{Longitud total final}) \times 100$
- Consumo de alimento diario, CDA = $(\text{Proteína consumida, g}) / \text{tiempo (día)} \times N$
N = Número final de peces.
- Ganancia en peso porcentual GP% = $[(\text{Peso promedio final} - \text{Peso promedio inicial}) / (\text{Peso promedio final})] \times 100$
- Eficiencia Alimentaría, EA = $[(\text{Ganancia en peso} / \text{alimento añadido}) \times 100]$
- Supervivencia, S = $[(\text{Número inicial de peces} / \text{Número final de peces}) \times 100]$

ANÁLISIS DE DATOS.

El efecto del tipo de pez y las dietas, así como la interacción entre estos factores se analizó empleando un ANOVA multifactorial. Las posibles diferencias entre los tratamientos se compararon mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 95%. Todos los análisis se realizaron con el programa STATISTICA V. 8.

RESULTADOS.

COMPARACIÓN ENTRE LAS DIETAS FORMULADAS Y DIETA COMERCIAL.

Los resultados de la comparación entre dietas formuladas y la dieta comercial suministradas a la progenie de machos YY y la progenie masculinizada se encuentran contenidos en la Tabla 2. Se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las dietas formuladas para los siguientes índices: peso ganado, biomasa ganada, proteína ganada diaria, tasa de crecimiento específica, consumo de alimento diario y ganancia de peso porcentual, con la dieta con sustitución de harina de res y pollo (TR) mostrando valores más altos en comparación con la dieta con sustitución de harina de pescado (TF). No se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre la dieta comercial (TP) y ninguna de las dos dietas formuladas.

COMPARACIÓN ENTRE LÍNEAS (PROGENIE DE MACHOS YY VS PROGENIE MASCULINIZADA).

Los resultados de las comparaciones entre la progenie de machos YY y la progenie masculinizada alimentadas con dietas formuladas y alimento comercial se encuentran contenidos en la Tabla 3. No se observaron diferencias significativas en ninguno de los índices analizados o la supervivencia final, con la excepción del factor de condición (FC), el cual fue significativamente ($P < 0.05$) más alto en la progenie de machos YY en comparación con la progenie masculinizada.

Tabla 2. Índices de crecimiento y supervivencia final (promedio \pm E.S.) obtenidos en las dietas con sustituciones de harina de res con pollo (TR), harina de pescado (TF) y alimento comercial (TP) suministradas a progenie de macho YY y a progenie masculinizada de tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus*.

INDICE	TR	TF	TP
PG	14.77 \pm 0.71 ^a	10.49 \pm 1.00 ^b	13.04 \pm 1.04 ^{ab}
BiomG	147.70 \pm 7.15 ^a	96.62 \pm 8.26 ^b	119.42 \pm 12.88 ^{ab}
PGD	0.36 \pm 0.02 ^a	0.26 \pm 0.02 ^b	0.32 \pm 0.03 ^{ab}
FCA	1.60 \pm 0.06 ^a	1.66 \pm 0.06 ^a	1.48 \pm 0.06 ^a
TCE	6.66 \pm 0.16 ^a	5.90 \pm 0.19 ^b	6.42 \pm 0.19 ^{ab}
FC	1.90 \pm 0.02 ^a	2.10 \pm 0.10 ^a	1.98 \pm 0.07 ^a
CDA	0.58 \pm 0.02 ^a	0.42 \pm 0.04 ^b	0.47 \pm 0.03 ^{ab}
GP%	1354.90 \pm 87.07 ^a	982.11 \pm 84.58 ^b	1232.40 \pm 113.81 ^{ab}
EA%	63.00 \pm 2.47 ^a	59.42 \pm 2.24 ^a	67.97 \pm 2.69 ^a
S	100 \pm 0.00 ^a	93.33 \pm 3.04 ^a	91.66 \pm 3.66 ^a

PG = Peso ganado, BiomG = Biomasa ganada, PGD = Proteína ganada diaria, FCA = Factor de conversión alimenticia, TCE = Tasa de crecimiento específica, FC = Factor de condición, CDA = Consumo de alimento diario, GP% = Ganancia de peso porcentual, EA% = Eficiencia alimenticia, S = supervivencia. Diferentes superíndices entre columnas indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

COMPARACIÓN ENTRE DIETAS Y LÍNEAS UTILIZADAS.

Los resultados obtenidos de la evaluación de dietas formuladas y comerciales en la progenie de machos YY (PYY) y progenie masculinizada (PM) se encuentran contenidos en la Tabla 4. Se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en ambas progenies, entre la dieta de res y pollo (TR) y la dieta de pescado (TF) para los siguientes índices; peso ganado (PG), biomasa ganada (BiomG), peso ganado diario (PGD) y tasa de crecimiento específica (TCE). De igual forma, el consumo diario de alimento (CDA) mostró valores significativamente más bajos en la progenie de machos YY alimentada con dieta de pescado, en comparación con la dieta de

res y pollo. No se observaron diferencias significativas entre la dieta comercial (TP) y las dietas formuladas para ninguna de las variables mencionadas. El factor de condición alimenticia (FCA) no arrojó diferencias significativas entre las dietas o progenies analizadas. Sin embargo, los valores más bajos se observaron, en ambas progenies, en los grupos alimentados con la dieta comercial.

Tabla 3. Índices de crecimiento y supervivencia final (promedio \pm E.S.) obtenidos en la progenie de machos YY y la progenie masculinizada de tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* alimentadas con dietas con sustituciones de harina de res con pollo, harina de pescado y alimento comercial.

INDICE	PROGENIE DE MACHO YY	PROGENIE MASCULINIZADA
PG	12.03 \pm 0.92 ^a	13.49 \pm 1.31 ^a
BiomG	113.42 \pm 10.62 ^a	129.07 \pm 14.22 ^a
PGD	0.30 \pm 0.02 ^a	0.33 \pm 0.03 ^a
FCA	1.60 \pm 0.08 ^a	1.56 \pm 0.06 ^a
TCE	6.10 \pm 0.18 ^a	6.56 \pm 0.22 ^a
FC	2.08 \pm 0.09 ^a	1.90 \pm 0.03 ^b
CDA	0.47 \pm 0.03 ^a	0.52 \pm 0.05 ^a
GP%	1067.01 \pm 80.51 ^a	1312.60 \pm 122.36 ^a
EA%	63.28 \pm 3.15 ^a	64.50 \pm 2.30 ^a
S	94.44 \pm 3.39 ^a	95.55 \pm 2.80 ^a

PG = Peso ganado, BiomG = Biomasa ganada, PGD = Proteína ganada diaria, FCA = Factor de conversión alimenticia, TCE = Tasa de crecimiento específica, FC = Factor de condición, CDA = Consumo de alimento diario, GP% = Ganancia de peso porcentual, EA% = Eficiencia alimenticia, S = supervivencia. Diferentes superíndices entre columnas indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

En cuanto al factor de condición (FC), la progenie de machos YY alimentada con la dieta de pescado (TF) y la comercial (TP) mostraron los valores significativamente más altos ($P < 0.05$) en comparación con la dieta de res y pollo, y la progenie masculinizada. Por el contrario, la ganancia en peso porcentual (GP%) de la progenie de machos YY alimentada con la dieta de pescado mostró los valores significativamente más bajos ($P < 0.05$) en comparación con el resto de las dietas suministradas. No se observaron diferencias significativas para la eficiencia alimenticia (EA%) entre ninguna de las dietas o progenies analizadas.

Tabla 4. Valores de desempeño durante el cultivo de la progenie de machos YY (PYY) y progenie masculinizada (PMM) alimentadas con diferentes dietas. TR = dieta de pollo y res, TF = dieta de pescado, TP = dieta tipo comercial.

INDICE	PYY			PMM		
	TR	TF	TP	TR	TF	TP
PG	13.95 ± 0.91 ^a	9.47 ± 0.73 ^b	12.69 ± 0.40 ^{ab}	15.58 ± 0.88 ^a	11.50 ± 1.66 ^b	13.38 ± 2.01 ^{ab}
BiomG	139.55 ± 9.12 ^a	91.77 ± 9.67 ^b	108.93 ± 10.49 ^{ab}	155.84 ± 8.77 ^a	101.46 ± 12.79 ^b	129.91 ± 21.91 ^{ab}
PGD	0.34 ± 0.02 ^a	0.23 ± 0.02 ^b	0.31 ± 0.01 ^{ab}	0.38 ± 0.02 ^a	0.28 ± 0.04 ^b	0.33 ± 0.05 ^{ab}
FCA	1.61 ± 0.08 ^a	1.69 ± 0.09 ^a	1.49 ± 0.11 ^a	1.59 ± 0.10 ^a	1.62 ± 0.07 ^a	1.47 ± 0.04 ^a
TCE	6.39 ± 0.19 ^{ab}	5.67 ± 0.19 ^b	6.24 ± 0.16 ^{ab}	6.93 ± 0.12 ^a	6.14 ± 0.27 ^b	6.60 ± 0.32 ^{ab}
FC	1.92 ± 0.02 ^b	2.28 ± 0.12 ^a	2.06 ± 0.13 ^a	1.88 ± 0.03 ^b	1.93 ± 0.04 ^b	1.90 ± 0.04 ^b
CDA	0.55 ± 0.03 ^a	0.39 ± 0.02 ^b	0.46 ± 0.02 ^{ab}	0.61 ± 0.03 ^a	0.46 ± 0.07 ^{ab}	0.48 ± 0.07 ^{ab}
GP%	1203.21 ± 95.89 ^a	876.03 ± 70.75 ^b	1121.77 ± 73.14 ^a	1506.59 ± 76.10 ^a	1088.17 ± 126.92 ^a	1343.03 ± 195.70 ^a
EA%	62.56 ± 3.23 ^a	59.41 ± 3.30 ^a	67.84 ± 5.10 ^a	63.43 ± 3.72 ^a	61.97 ± 2.84 ^a	68.09 ± 1.72 ^a

PG = peso ganado, BiomG = biomasa ganada, PGD = peso ganada diaria, FCA = factor de conversión alimenticia, TCE = tasa de crecimiento específica, FC = factor de condición, CDA = consumo de alimento diario, GP% = ganancia de peso porcentual, EA% = eficiencia alimenticia. Diferentes superíndices entre filas indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

DISCUSION.

La tendencia actual, tanto para el mercado como para la investigación realizada, apuesta por una disminución en el uso de hormonas en el cultivo comercial de tilapia del Nilo para obtener poblaciones monosexo. Debido a lo anterior, en los últimos años se ha apoyado la implementación de nuevas tecnologías que permitan generar poblaciones monosexo eliminando el uso de hormonas y causando el mínimo daño al ambiente. Una de estas nuevas tecnologías es la producción de machos YY y el cultivo de su progenie (Mair *et al.*, 1997; Alcántar-Vázquez *et al.*, 2014^a).

De forma paralela al desarrollo de técnicas de mejoramiento genético, es necesario desarrollar nuevos avances en la investigación relacionada a la nutrición, debido al incremento en la demanda mundial de proteína animal a través del cultivo de organismos acuáticos. Actualmente, la principal fuente de proteínas es la harina de pescado que contiene todos los aminoácidos esenciales, además de tener una buena cantidad de ácidos grasos vitaminas y minerales de excelente calidad, pero su elevado costo afecta la disponibilidad y la calidad de los nutrientes por lo que se puede considerar como un recurso cada vez más escaso (Serrano *et al.*, 2004).

Otro aspecto del uso de la harina de pescado es que no solo se incluye en la alimentación acuícola sino también en la ganadera y avícola. Por lo que es evidente que, con el tiempo, muchos países en desarrollo no podrán depender de la harina de pescado como la mejor fuente de proteína para la alimentación acuícola. Por lo tanto, se ha buscado sustituir parcialmente la harina de pescado con el fin de incluir en la alimentación no solo

fuentes de proteína origen animal si no también vegetal (derivados de subproductos agrícolas) (Taylor y Berk, 1981).

En el cultivo de la tilapia, los costos de reversión sexual, pero principalmente de alimentación pueden llegar a representar desde un 40 a un 60 % de los costos totales de producción (de la Higuera, 1988; Akiyama, 1998) debido a la utilización de alimentos de calidad y de alto contenido proteínico (El-Sayed, 1999). Por ello, muchos investigadores han buscado nuevos ingredientes para sustituir la harina de pescado que sean rentables y con bajo costo, como, por ejemplo, la harina de pollo (vísceras de pollo, harina de pluma, etc.) que se han utilizado en la fabricación de alimentos balanceados; asimismo, la harina de animales terrestres como la de sangre de res, carne y hueso, han sido ampliamente y evaluadas (Toledo *et al.*, 1987; Bishop y Watts, 1994; Fagbenro *et al.*, 1994).

En la actualidad, pocos trabajos han abordado el desempeño de la progenie de machos YY bajo cultivo comercial o bien dietas formuladas (Hopkins *et al.*, 1995; Mair *et al.*, 1995; Mair *et al.*, 1997; Tuan *et al.*, 1998; Perschbacher *et al.*, 2002; ADB, 2005; Khan *et al.*, 2014; Zahirul-Islam *et al.*, 2015). La comparación del desempeño durante el cultivo de la progenie de machos YY contra progenies masculinizadas ha arrojado resultados variables, ya que mientras algunos autores reportan una superioridad de la progenie de machos YY (Hopkins *et al.*, 1995; Mair *et al.*, 1995; Mair *et al.*, 1997; Zahirul *et al.*, 2015), otros reportan un menor crecimiento (Hopkins *et al.*, 1995; Tuan *et al.*, 1998; ADB, 2005). Tuan *et al.* (1998) mencionan que estas diferencias pueden ser el resultado de las diferencias entre líneas genéticas (a partir de las cuales se originan la progenie de machos YY y la progenie masculinizada) o derivadas de problemas de adaptación, especialmente

cuando la línea es cultivada bajo condiciones ambientales diferentes a donde fue desarrollada. En el presente trabajo se observó una respuesta similar de ambas progenies a las distintas dietas evaluadas. Lo anterior probablemente es el resultado de que ambas progenies fueron desarrolladas dentro de la misma región (Papaloapan) bajo condiciones ambientales similares y de que ambas fueron generadas tomando como base líneas cultivadas en la región. En este aspecto, se han obtenido resultados similares, al comparar el desempeño de la progenie YY contra líneas masculinizadas y mixtas de la misma línea (GIFT), lo que ha sido evaluado por Kamaruzzaman *et al.* (2009) en la tilapia del Nilo. Por último, nuestros resultados indican que la modificación cromosómica presente en el macho (dos cromosomas Y), no tiene repercusiones negativas *per se* en el desarrollo de su progenie.

Las diferencias observadas en el FC entre progenies, pudieron haber sido causadas, de acuerdo a Weatherley (1972) por fluctuaciones en el equilibrio metabólico, patrones de maduración y el estado de plenitud del tracto digestivo. Por otro lado, Cifuentes *et al.*, (2012) mencionan que esta disminución podría interpretarse como el agotamiento de las reservas de energía almacenado como glucógeno del hígado o grasa corporal. Aunque no se registraron diferencias significativas entre los parámetros de crecimiento entre progenies, fue posible observar valores más altos de PGD, CDA y TCE lo cual puede explicar porque la grasa corporal (reserva) era menor en estos grupos y por lo tanto el FC. Para la tilapia del Nilo cultivada bajo condiciones óptimas se han reportado valores (cercaos a 2.0, Little, 1989; El-Saidy y Gaber, 2005; Gupta *et al.*, 2012) similares a los observados durante

nuestro experimento, indicando que ambas progenies se cultivaron bajo condiciones óptimas.

En lo que respecta a las dietas utilizadas en el presente trabajo, es importante mencionar que el uso de proteína proveniente de subproductos de animales ha sido utilizado para sustituir la harina de pescado en varias especies, incluyendo la trucha (Fowler, 1991; Steffens, 1994), el salmón (Higgs *et al.*, 1979), la dorada (Nengas *et al.*, 1999) y el besugo (Takagi *et al.*, 2000) entre otras. En la tilapia del Nilo, Fasakin *et al.*, (2005) y Rodríguez-Serna *et al.* (1996) reportan excelentes resultados al usar de proteína proveniente de subproductos de res para sustituir la harina de pescado. Lo anterior concuerda con lo observado en el presente trabajo, ya que la dieta elaborada con subproductos de res y pollo mostró valores estadísticamente similares a la dieta comercial (Purina) en todos los índices analizados. Lo anterior se observó independientemente si se trató de progenie de machos YY o masculinizada, lo que probablemente se deba a que la proteína que contiene la dieta de res y pollo fue más fácilmente digerida por los juveniles de tilapia (Burel *et al.*, 2000; Engin y Özkan, 2008).

Un factor importante que pudo haber contribuido al desempeño observado de la dieta de res y pollo, es la adición de otra fuente de proteína. Yang *et al.* (2006) mencionan que es necesario adicionar aminoácidos u otra fuente de proteína para poder aumentar el porcentaje de sustitución. De igual forma, Bureau *et al.* (2000) sugieren utilizar dos o tres fuentes de proteína en la formulación de alimentos para peces, para de esta forma, reducir los efectos negativos de la falta de balance nutricional, problemas de digestibilidad, acumulación de anti-nutrientes y/o baja palatabilidad. Es así que conclusiones similares han

sido reportadas por Nengas *et al.* (1999) en la dorada (*Sparus aurata*) y Bureau *et al.* (2000) en la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*).

Fasakin *et al.* (2005) mencionan que la adición de harina de soya es una excelente opción para obtener un mejor desempeño cuando se realizan altos porcentajes de sustitución de harina de pescado. Lo anterior podría explicar porque en el presente trabajo, se observó un desempeño similar entre la dieta de res y pollo y la dieta comercial. La mezcla de harina de res, pollo y soya probablemente proveyó de todos los aminoácidos esenciales necesarios para un óptimo crecimiento, lo que explica los buenos resultados de este estudio al utilizar subproductos de animales terrestres y vegetales en las dietas para la progenie de machos YY.

En este sentido, Las características biológicas de la tilapia la vuelven una especie adecuada para una sustitución completa de harina de pescado por ingredientes de animales como res y pollo (El-Sayed, 1998; Yu, 2004). Aunque otras especies han mostrado también buenos resultados, los porcentajes de sustitución que no afectan el desempeño no son tan altos como los observados en la tilapia (Quartararo *et al.*, 1998; Nengas *et al.*, 1999; Abdel-Warith *et al.*, 2001; Rawles *et al.*, 2006). De acuerdo a Yu (2004), existe muy poca evidencia que sugiere que la eficiencia alimenticia de la tilapia se verá afectada por la sustitución de harina de pescado por ingredientes de res.

A pesar de sus beneficios, es necesario evaluar el uso potencial de subproductos animales, ya que se ha demostrado que la composición química y la calidad de la harina del subproducto animal pueden variar considerablemente según las materias primas y los métodos de procesamiento (Dong *et al.*, 1993). Los valores obtenidos en el presente trabajo

para la dieta de res y pollo, probablemente se deben a la alta calidad de las materias primas y la tecnología de procesamiento utilizada para producir ambos ingredientes. Cheng y Hardy (2002) sugieren que los formuladores de alimento para peces deberían utilizar fuentes específicas, en lugar de simplemente comprar los subproductos a cualquier fuente, porque la proteína cruda varía ampliamente según la fuente.

Lo anterior podría explicar el desempeño inferior observado en la dieta de pescado. Este pudo haber sido ocasionado por una calidad nutritiva baja de los subproductos utilizados, es decir por la presencia de proteína poco digerible y por lo tanto con poco valor nutritivo. Millamena (2002) menciona como posibles causas la deficiencia en nutrientes esenciales, en especial de aminoácidos esenciales. A este respecto, Wang *et al.* (2007) mencionan que uno de los problemas principales al buscar alternativas reales a la harina de pescado, es encontrar harinas que cumplan con la proporción de aminoácidos esenciales requeridas por los peces. Otra posible causa del desempeño observado en la dieta formulada a base de pescado, pudo haber sido una baja digestibilidad a pesar de un alto contenido de proteína en la dieta. Lo anterior podría explicar porque a pesar de combinarla con harina de soya, se obtuvieron bajos rendimientos. El hecho de que la progenie de machos YY fuera la que mostrará los valores más bajos al alimentarla con esta dieta no puede ser explicado en este punto; sin embargo, esto podría haber sido causado por diferencias genéticas entre las líneas, las cuales se traducen en diferencias metabólicas. Será necesario realizar estudios de actividad enzimática para elucidar este punto.

De acuerdo a Millamena (2002) desde el punto de vista económico, el uso de productos de residuo de res y otros animales (incluido el pollo) puede ayudar a reducir el

problema actual de la poca disponibilidad de harina de pescado y su elevado precio. Los resultados del presente trabajo apoyan el uso de este tipo de materias primas como fuente de proteína en la formulación de alimento para peces, con el objetivo de reemplazar en el mediano plazo a las harinas de pescado.

CONCLUSIONES.

1.- La progenie de machos YY no mostró alteraciones provocadas por el genotipo paterno, registrando un alto crecimiento y supervivencia de forma similar a su contraparte hormonada con las dietas evaluadas.

2.- Los subproductos de res y pollo son una excelente opción para reemplazar totalmente la harina de pescado y son comparables con dietas comerciales utilizadas para el cultivo de crías YY de la tilapia del Nilo.

RECOMENDACIONES.

- 1.- Elaborar desde la base las harinas para determinar su composición de aminoácidos y determinar su calidad nutricional.
- 2.- Llevar a cabo análisis bioquímicos para determinar la composición en músculo de proteínas y grasas de los peces alimentados con dietas hechas a base de subproductos de res y pollo.
- 3.- Evaluar a nivel de costo/beneficio el cultivo hasta nivel de engorda con los alimentos diseñados con subproductos de animales terrestres.

LITERATURA CITADA.

ADB 2005, An Impact Evaluation of the Development of Genetically Improved Farmed Tilapia and Their Dissemination in Selected Countries by Asian Development Bank.; disponible a [www. ADB.org/publications](http://www.ADB.org/publications).

Abdel-Warith, A.A., Russell, P.M. y Davies, S.J. 2001. Inclusion of a commercial poultry by-product meal as a protein replacement of fish meal in practical diets for African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). *Aquaculture*, 32: 296-305.

Alcántar-Vázquez, J.P., Santos-Santos, C., Moreno de la Torre, R. y Antonio-Estrada, C. 2014^a. Manual para la producción de supermachos de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). Sistema de Universidades Estatales de Oaxaca (SUNEO)-Universidad del Papaloapan (UNPA). 81.

Alcántar-Vázquez, J.P., Moreno de la Torre, R., Calzada-Ruiz, D. y Antonio-Estrada, C. 2014^b. Production of YY-male of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) from atypical fish. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 42(3): 644-648.

Arboleda-Obregón, D.A. 2005. Reversión Sexual de las Tilapia Roja (*Oreochromis* Sp). una guía básica para el acuicultor. *Revista Electrónica de Veterinaria, REDVET*. 6(12). 1-5.

Álvarez-González, C.A., Civera-Cerecedo R., Ortiz-Galindo, J.L., Dumas S., Moreno-Legorreta M. y Grayeb-Del Alamo, T. 2001. Effect of dietary protein level on growth and body composition of juvenile spotted sand bass, *Paralabrax maculatofasciatus*, fed practical 344 diets. *Aquaculture*, 194:151-159.

- Arias-Rodríguez, L. y Parámo-Delgadillo, S. 2001. Biotecnología Cromosómica en Peces. Producción de peces ginogenéticos, androgenéticos y clones. *kuxulkab Revista de divulgación*, 12: 1-13.
- Arredondo, F.J.L. y Lozano, G.S. 1996. Cultivo de tilapia en México. Memorias del primer curso Internacional de producción de tilapia. División de educación continua UNAM, 7-18.
- Ávalos, H.N. 2006. Evaluación de la sustitución parcial y total de harina de sardina con harina de cerdo en alimentos para juveniles de la tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus*: efecto sobre la supervivencia, el crecimiento y la utilización del alimento. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco División Académica de Ciencias Biológicas, 24.
- Akiyama, D. 1998. Utilización de la harina de soya en alimentos para peces. Asociación Americana de Soya. ASA, Singapur.
- Bishop, C. D., R. A. Angus y S. A. Watts. 1995. The use of feather meal as a replacement for fishmeal in the diet of *Oreochromis niloticus* fry. *Bioresource Technology*. 54: 291-295
- Bishop, C.D. y Watts, A. 1994. Use of poultry meals as a protein source in the cultivation of young tilapia *Oreochromis niloticus* X *O. aureus*. Paper presented at the World Aquaculture Society Annual meeting, 14-18
- Brown, P. 2005. Evaluación del uso de harina de carne y hueso en la alimentación de lobina. Purdue University, 1-2.

- Burel, C., Boujard, T., Tulli, F. y Kaushik, S.J. 2000. Digestibility of extruded peas, extruded lupin, and rapeseed meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture*, 188 (3-4): 285-298
- Bureau, D.P., Harris, A.M., Bevan, D.J., Simmons, L.A., Azevedo, P.A. y Cho, C.Y. 2000. Feather meals and meat and bone meals from different origins as protein sources in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets. *Aquaculture*, 181: 281-291.
- Cifuentes, R., González, J., Montoya, G., Jara, A., Ortíz, N., Piedra, P., y Habit, E. 2012. Relación longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro (cuenca del río Valdivia, Chile). *Gayana*, 76, 86-100
- Cheng, Z.J., Hardy, R.W. y Usry, J.L. 2003. Plant protein ingredients with lysine supplementation reduce dietary protein level in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets, and reduce ammonia nitrogen and soluble phosphorus excretion. *Aquaculture*, 218: 553-565.
- CONAPESCA, 2014. Comisión Nacional de la Acuicultura y pesca. Anuario Estadístico de acuicultura y Pesca 2014.
- De la Higuera, M., García, G. M., Sanz, A., Cardenete, G., Suárez, M.D. y Moyano, F.J. 1988. Evaluation of lupin seed meal as an alternative protein source in feeding of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture*, 71: 37-50.
- Daza, V. P., Parra, L. y Ochoa, S. 2005. Reproducción de los peces de trópico Universidad Nacional de Colombia. INCODER. 241.

- Desprez, D., Melard, C. y Philippart, J.C. 1995. Production of a high percentage of male offspring with 17 alfa-ethynilestradiol sex-reversed *Oreochromis aureus*. II. Comparative reproductive biology of females and F2 pseudofemales and large-scale production of male progeny. *Aquaculture*, 130: 35-41.
- Dong, F.M., Hardy, R.W., Haard, N.F., Barrows, F.T., Rasco, B.A., Fairgrieve, W.T. y Forster, I.P. 1993. Chemical composition and protein digestibility of poultry by-product meals for salmonid diets. *Aquaculture*, 116: 149-158.
- El-Sayed, A.F.M. 1998. Total, replacement of fish meal with animal protein sources in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. feeds. *Aquaculture Research*, 29, 275–280.
- El-Sayed, A. 1999. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis* spp. *Aquaculture*, 179: 149-168.
- El-Saidy, D.M.S.D. y Gaber, M.M.A. 2005. Effect of Dietary Protein Levels and Feeding Rates on Growth Performance, Production traits and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) cultured in concrete tanks. *Aquaculture Research*, 36: 163-171.
- Engin, K. y Ozkan, F. 2008. Apparent Nutrient Digestibility of Balanced Diets with Soy Bean Extract or Meat and Bone Meal in the Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) Infected with *Vibrio anguillarum*, *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 32(3): 173-181
- Higgs D.A., Markert J.R., Macquarrie D.W., McBride J.R., Dosanjh B.S., Nichols C. y Hoskins J. 1979. Development

- of practical dry diets for coho salmon using poultry byproduct meal, feather meal, soybean meal and rapeseed meal as major protein sources. In: *Fish Nutrition and Fishfeed Technology*, 2:193-207.
- Hopkins, D. K., Szyper, P. J. y López, E. 1995. Growth comparison of three strains of Nile tilapia in fertilized ponds. Technical reports: Southeast Asia. Work Plan 7, Thailand study, 9. 135-136.
- Hurtado, T.N. 2005. Inversión sexual en tilapias. Revisión bibliográfica. INH, Ingenieros Consultores. Lima, Perú. 43.
- Fagbenro, O.A. 1994. Dried fermented fish silage in diets for *Oreochromis niloticus*. The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh, 46(3): 140-147.
- FAO, 2016. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Tomado de Fisheries Global Information System (FIGIS).
- FAO, 2014. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Tomado de Fisheries Global Information System (FIGIS).
- FAO, 2012. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. El sorgo y el mijo: en la nutrición humana.
- FAM, 2014. Fuerza Aérea Mexicana. Estadística Meteorológica Mensual. Dirección de Servicio Meteorológico. Estación Loma Bonita, Oaxaca, México.
- Fasakin, E.A., Serwata, R.D. y Davies, S.J. 2005. Comparative utilization of rendered animal derived products with or without composite mixture of soybean meal in hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* × *Oreochromis mossambicus*) diets. *Aquaculture*, 249: 329-338.

FishStatJ, 2016. Estadísticas mundiales de pesca y acuicultura de la FAO. Disponible en:

<http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstati/en>.

Fowler, L.G. 1991. Poultry by-product meal as a dietary protein source in fall chinook salmon diet. *Aquaculture*, 99: 309-321.

Gupta, N., Haque, M.M. y Khan, M. 2012. Growth performance of tilapia fingerling in cage in ponds managed by Adivasi households: An assessment through length-weight relationship. *Journal of Bangladesh Agricultural University*, 10(1), 149-155.

<http://dx.doi.org/10.3329/jbau.v10i1.12107>

Guo, J.L., Wang, Y. y Bureau, D.P. 2007. Inclusion of rendered animal ingredients as fish meal substitutes in practical diets for cuneate drum, *Nibea miichthioides*. *Aquaculture Nutrition*, 13, 81–87.

Jiménez-Badillo, M.L. y Arredondo-Figueroa, J.L. 2000. Effect of oral treatments of synthetic androgens on sex ratio, survival and growth rates, in three strains of tilapia. *Hidrobiológica*, 10(2): 115-120.

Khan, N., Ashraf, M., Sharif-Mughal, M., Aziz-Qureshi, N., Naeem-Khan, M., Rasool, F., Hafeez-ur-Rehman, M., Nasir, M., Ali, W. y Javed-Iqbal, K. 2014. Survival and growth potential of genetically male tilapia (GMT) fry in flow through system under different dietary protein concentrations. *Pakistan Journal of Zoology*, 46(2): 377-382.

Leet, K.J., Gall, E.H. y Sepulveda, M.S. 2011. A review of studies on androgen and estrogen exposure in fish early life stages: effects on gene and hormonal control of sexual differentiation. *Journal of Applied Toxicology*, 31: 379-398.

- Little, C.D. 1989. An evaluation of strategies for production of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fry suitable for hormonal treatment (PhD Thesis). University of Stirling, Stirling, Scotland.
- Millamena, O.M. 2002. Replacement of fish meal by animal by-product meals in a practical diet for grow-out culture of grouper *Epinephelus coioides*. *Aquaculture*, 204: 75-84.
- Mair, G.C., Abucay, J.S., Skibinski, D.O.F., Abella, T.A. y Beardmore, J.A. 1997. Genetic manipulation of sex ratio for the large scale production of all-male tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54: 396-404.
- Mair, G.C., Abucay, J.S., Beardmore, J. A. y Skibinski, D.O.F. 1995. Growth performance trials of genetically male tilapia (GMT) derived from YY-males in *Oreochromis niloticus* L.: On station comparisons with mixed sex and sex reversed male populations. *Aquaculture*, 137(1-4): 313- 323.
- Melard, C. 1995. Production of a high percentage of male offspring with 17 α -ethynylestradiol sex-reversed *Oreochromis aureus*. I. Estrogen sex-reversal and production of F2 pseudofemales. *Aquaculture*, 130: 25-34.
- Muller, B.A. y Horstgen-Scharwk, G. 2007. A YY-male *Oreochromis niloticus* strain developed from an exceptional mitotic gynogenetic male and growth performance testing of genetically all-male progenies. *Aquaculture Research*, 38(7): 773-775.
- Nengas, I., Alexis, M. y Davies, S.J. 1999. High inclusion levels of poultry meals and related by-products in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). *Aquaculture*, 179: 13-23.

- N. Kamaruzzaman, N.H. Nguyen, A. Hamzah, R.W. Ponzoni. 2009. Growth performance of mixed sex, hormonally sex reversed and progeny of YY male tilapia of the GIFT strain, *Oreochromis niloticus*, *Aquaculture Research*, 40: 720-728
- Peters, R. R., Rodríguez, S., Hernández, L., Mejías, A. y León, E. 2006. Determinación del nivel óptimo de sustitución de la harina de pescado por harina de hidrolizado de plumas en el alimento para Tilapia roja, *Oreochromis* sp. Universidad del Zulia. Facultad Experimental de Ciencias. Laboratorio de Investigaciones Piscícolas. Departamento de Biología. *Revista Científica*, 12: 1-19.
- Perschbacher, P., Ludwig, G. y Slaton, N. 2002. Effects of common aerially applied rice herbicides on the plankton communities of aquaculture ponds. *Aquaculture*, 214(15): 241-246.
- Piferrer, F. 2001. Endocrine sex control strategies for the feminization of teleost fish. *Aquaculture*, 197: 229-281.
- Quartararo, N., Allan, G.L. y Bell, J.D. 1998. Replacement of fish meal in diets for Australian snapper, *Pagrus auratus*. *Aquaculture*, 166: 279-295.
- Qinghui, A., KangsenM., Beiping, T., Wei, X., Qingyuan, D., Hongming, M. y Lu, Z. 2006. Replacement of fish meal by meat and bone meal in diets for large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea*. *Aquaculture*, 260:255-263.
- Rawles, S. D., Riche, M., Gaylord, T. G., Webb, J., Freeman, D. W. y Davis, M. 2006. Evaluation of poultry byproduct meal in commercial diets for hybrid striped bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*). *Aquaculture*, 259: 377-389.

- RENPRO, proceso industrial de subproductos cárnicos 1984. Disponible en <http://renpro.com.mx/>
- Riden, E. 2006. Soja: propiedades nutricionales y su impacto en la salud, Sociedad Argentina de Nutrición, Buenos Aires, Argentina 1:15- 25
- Rodríguez-Serna, M., Olvera, M.A. y Carmona-Osalde, C. 1996. Nutritional value of animal by-product meal in practical diets for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) fry. *Aquaculture Research*, 27: 67-73.
- Serrano, E.R. y Borquez, A. 2004. Reemplazó parcial de harina de pescado por harina de lupino blanco (*Lupinus albus*) en dietas extruidas para trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*): efecto sobre los índices reproductivos y la composición de ácidos grasos en el músculo. Universidad católica de Temuco facultad de acuicultura y cs. Veterinarias Escuela de Acuicultura.
- Shapawi, R., Wing-Keong, N. y Mustafa, S. 2007. Replacement of fish meal with poultry by product meal in diets formulated for the humpback grouper (*Cromileptes altivelis*). *Aquaculture*, 14: 1-9.
- Steffens, W. 1994. Replacement of fish meal with poultry byproduct meal in diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 124: 27-34.
- Taylor, T.G. y Berk, Z. 1981. Novel sources of protein in animal and human nutrition. *Nutrition in health and disease and International development: Symposia from the XII International Congress of Nutrition*, New York, 619-629.

- Takagi, S.T., Hosokawa, H., Shimeno, S. y Ukawa, M. 2000. Utilization of poultry by-product meal in a diet for red sea bream *Pagrus major*. Nippon Suisan Gakkaishi, 66: 428-438.
- Toledo, J., Cisneros, J.A. y Ortiz, E. 1987. Use of rubbish meal as a substitute of fish meal in the diet of juvenile tilapia, *Oreochromis aureus*. Revista de Investigaciones Marinas, 3(2): 55-59.
- Tuan, P.A. 1998. Genetic control of sex ratio in Nile tilapia (*O. niloticus*) using YY-male technology, p. 12-15. In Annual report. Research Institute for Aquaculture No.1, Bac Ninh, Vietnam.
- Van, H.N. y Yu, Y. 2003. Partial replacement of fish meal by MBM and PFGPBM in diets for river catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). National Renderers Association, Inc. Research Report, 3: 1-3.
- Varadaraj, K., y Pandian, T.J. 1989. First report on production of supermale tilapia by integrating endocrine sex reversal with gynogenetic technique. Current Science Bangalore, 58: 434-441.
- Vera-Cruz M.E., Mair C.G. y Marino P.R. 1996. Feminization of genotypically YY Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. Asian Fisheries Science, 9: 161-167.
- Weatherley, A.H. Growth and ecology of fish populations. London: Academic Press, 1972, Zoology Department, Australian National University. Canberra. Australia, 293.
- Wisman, E.L., Holmes, C.E. y Engel, R.W. 1958. Utilization of poultry by-products in poultry rations. Poultry Science, 37: 834-838.

- Yang, Y., Xie, S., Cui, Y., Zhu, X., Lei, W. y Yang Y. 2006. Partial and total replacement of fish meal with poultry by-product meal in diets for gibel carp, *Carassius auratus gibelio* Bloch. *Aquaculture Research*, 37: 40-48.
- Yu, Y., Cruz S, L.E., Ricque M., D., Nieto L., M.G., Villarreal, D., Scholz, U. y Gonzalez. M. 2004. Replacement of fishmeal with poultry byproduct meal and meat and bone meal in shrimp, tilapia and trout diets. *Avances en Nutrición Acuícola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*, 16-19 noviembre, 2004. Hermosillo, Sonora, México.
- Zahirul-Islam, M.; Islam-Sarder, R. y Islam-Akhand, R. Growth performance of genetically male tilapia derived from YY male, sex reversed male tilapia and mixed sex tilapia of *Oreochromis niloticus* in earthen pond aquaculture system in Bangladesh. *International Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 2015;2(3): 186-191.
- Zhang, S., Xie, S., Zhu, X., Leiw, Y. y Zhao, M. 2006. Meat and bone meal replacement in diets for juvenile gibel carp (*Carassius auratus gibelio*): effects on growth performance, phosphorus and nitrogen loading. *Aquaculture Nutrition*, 12: 353-362.
- Zhang, L., Kangsen, M., Qinghui, A., Qingyuan, D., Chunxiao, Z., Huitao, L. y Eiping, B.T. 2008. Use of a Compound Protein Source as a Replacement for Fish Meal in Diets of Large Yellow Croaker, *Pseudosciaena crocea* R. *Journal of the World Aquaculture Society*, 39: 83-90.