



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

Campus Loma Bonita

Ingeniería en Acuicultura

PROPORCIÓN DE MACHOS Y DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE
LA TILAPIA DEL NILO (*OREOCHROMIS NILOTICUS*)
ALIMENTADA CON DIETAS SUPLEMENTADAS CON UNA
COMBINACIÓN DE FLUOXIMESTERONA Y UN ADITIVO
COMERCIAL.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO EN
ACUICULTURA

Presenta:

José Guillermo Nieto Gómez

Director:

Dr. Juan Pablo Alcántar Vázquez

Co-Director:

Dr. Uriel Rodríguez Estrada



Loma Bonita, Oaxaca, febrero 2023



Universidad del Papaloapan

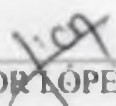
FECHA:	08 de Febrero del 2023
AREA:	Vice-Rectoria Académica
OFICIO NÚMERO:	UNPA/VRA/045/2023
ASUNTO:	Autorización de Impresión de tesis.

C. JOSÉ GUILLERMO NIETO GOMEZ
P R E S E N T E:

En base al artículo 120 del reglamento de alumnos, por medio de la presente se aprueba la impresión de la tesis titulada **"Proporción de machos y desempeño productivo de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentada con dietas suplementadas con una combinación de fluoximesterona y un aditivo comercial"** así como la programación del examen profesional bajo la dirección del Dr. Juan Pablo Alcantar Vázquez.

Sin más por el momento aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente,
terra uberrima, mens aperta
Bou Lo-tama, chi jí jü


MC. HÉCTOR LÓPEZ ARJONA
Vice-Rector Académico.



C.c.p. M.C. Raúl Moreno de la Torre. Jefe de Carrera de la Ing. En Acuicultura
C.c.p. L.P. Yesenia Barrientos Arenal. Jefa del Departamento de Servicios Escolares
C.c.p. Dr. Juan Pablo Alcantar Vázquez. Directora de Tesis.
C.c.p. Archivo.

OAXACA



Universidad del Papaloapan

Terra Uberrima. Mens Aperta



CLAVE: 20ESU3001N

Oficio No. JCIA/007/23

Loma Bonita, Oax., a 08 de febrero de 2023

Asunto: Jurado de Examen profesional

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 del **C. JOSÉ GUILLERMO NIETO GÓMEZ** (número de matrícula **17040044**), egresado de la Carrera de **INGENIERÍA EN ACUICULTURA** de la Universidad del Papaloapan:

M. C. Raúl Moreno de la Torre	Presidente del Jurado
Dr. José Manuel Juárez Barrientos	Secretario del Jurado
Dr. Uriel Rodríguez Estrada	Vocal del Jurado
Dr. Marco Antonio Anzueto Sánchez	Primer suplente del Jurado
Dr. Juan Pablo Alcántar Vázquez	Segundo suplente del Jurado

Sin otro asunto en particular y agradeciendo su atención a la presente, le envío un cordial saludo.

Atentamente:

terra uberrima, mens aperta

Boy Le-tama chi ji jú



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

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

Original: M. E. Yesenia Barrientos Arenal - Jefa del Depto. de Servicios Escolares.
C.e.p. M. C. Héctor López Arjona - Vice-Rector Académico - Para su autorización.
C.e.p. M. C. Raúl Moreno de la Torre - Presidente del Jurado - Para su conocimiento.
C.e.p. Dr. José Manuel Juárez Barrientos - Secretario del Jurado - M/in.
C.e.p. Dr. Uriel Rodríguez Estrada - Vocal del Jurado - M/in.
C.e.p. Dr. Marco Antonio Anzueto Sánchez - Primer suplente del Jurado - M/in.
C.e.p. Dr. Juan Pablo Alcántar Vázquez - Segundo suplente del Jurado - M/in.
C.e.p. C. José Guillermo Nieto Gómez - Sustentante, M/in.
C.e.p. Archivo.



Universidad del Papaloapan

Terra Urbana, Alma Nueva

CLAVE: 20ESU3001N
Ingeniería en Acuicultura

JCIA/F09/02/2023

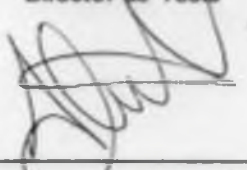
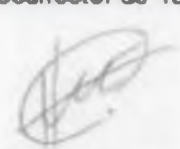
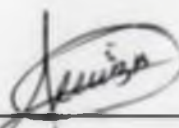
ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de Loma Bonita, Oaxaca, el día 30 de enero de 2023 a las 10:00 horas, se reunieron en la sala de juntas del Instituto de Agroingeniería, los miembros de la Comisión revisora de tesis, designada por la jefatura de la carrera de Ingeniería en Acuicultura de la Universidad del Papaloapan, con la finalidad de examinar la tesis titulada "Proporción de machos y desempeño productivo de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentada con dietas suplementadas con una combinación de fluoximesterona y un aditivo comercial" presentada por el alumno José Guillermo Nieto Gómez, con número de matrícula 17040044, aspirante al grado de Ingeniero en Acuicultura.

Después de intercambiar opiniones, los miembros de la comisión manifestaron QUE LA TESIS SATISFACE LOS REQUISITOS SEÑALADOS POR LAS DISPOSICIONES REGLAMENTARIAS VIGENTES, OTORGANDO SU APROBACIÓN PARA QUE EL ASPIRANTE PUEDA PROCEDER CON EL PROCESO DE TITULACIÓN.

Loma Bonita, Oaxaca, a 31 de enero de 2023.

ATTE.
LA COMISIÓN REVISORA

Director de Tesis  Dr. Juan Pablo Alcántar Vázquez Profesor-Investigador Universidad del Papaloapan	Codirector de Tesis  Dr. Uriel Rodríguez Estrada Profesor-Investigador Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
Revisor de Tesis  Dr. José Manuel Juárez Barrantes Profesor-Investigador Universidad del Papaloapan	Revisor de Tesis  Dr. Nicolás Valenzuela Jiménez Profesor-Investigador Universidad del Papaloapan

c.c.p. M. C. Héctor López Agón - Vice-Rector Académico - Para su conocimiento.
c.c.p. M. E. Yessica Barrantes Arenal - Jefa del Depto. de Servicios Escolares - MFin.
c.c.p. Dr. Juan Pablo Alcántar Vázquez - Director de tesis.
c.c.p. Dr. Uriel Rodríguez Estrada - Codirector de tesis.
c.c.p. Dr. José Manuel Juárez Barrantes - Revisor de tesis.
c.c.p. Dr. Nicolás Valenzuela Jiménez - Revisor de tesis.
c.c.p. José Guillermo Nieto Gómez - Tesis/afin.
c.c.p. Archivo.



AGRADECIMIENTOS

A mis directores de tesis, Al Dr. Juan Pablo Alcántar Vázquez, le agradezco toda la paciencia, la confianza, el asesoramiento, el apoyo y los regaños que me ayudaron mucho a lo largo de mi formación académica. Al Dr. Uriel Rodríguez Estrada por la ayuda en la realización de este trabajo. Muchas gracias por el apoyo y por todo lo enseñado.

A la Universidad del Papaloapan, Qué lo largo de estos años llegué tanto a amar como odiar se convirtiéndose en mi segundo hogar. En tus aulas he vivido algunos de los mejores momentos de mi vida permitiéndome conocer a personas asombrosas que respeto y admiro, por llenarme de conocimientos y experiencias, gracias por todo lo dado.

A mis revisores Al Dr. José Manuel Juárez Barrientos, Dr. Nicolás Valenzuela Jiménez por la ayuda brindada a lo largo de este trabajo.

A mis amigos, A los que siempre estuvieron y me apoyaron, a los maravillosos que encontré dentro de las aulas de esta universidad, los 4 jinetes del apocalipsis que convirtieron esta experiencia en algo único Julio, Bere y Rafa gracias. A los nuevos que me acompañaron en estas desveladas el Encantoposteo. A Daniela por ayudarme a tomar una decisión respecto al rumbo que quería llevar, por escucharme, aconsejarme y ser más que una amiga para mí.

A mis profesores, Agradezco todo lo que me enseñaron ya que me ayudaron a construirme como persona, inspirándome. Gracias por todo lo enseñado que para bien y para mal me fueron de mucha ayuda.

DEDICATORIA

Para mi familia:

A mi madre por ser la persona más importante de mi vida, por brindarme todo su apoyo, amor, por aconsejarme, confiar en mí, por todo el esfuerzo y fortaleza que has demostrado mostrándome que eres la persona más fuerte y chingona que me pudo tocar como madre.

A mi hermano por siempre seguirme el juego de las locuras que pienso y digo, por siempre apoyarme a seguir adelante que junto a mi madre son toda la familia que tengo y las personas más importantes de mi vida.

A mi padre por haberme amado tanto como soporto tu corazón, por alentar mi curiosidad por las cosas y por qué a pesar de ya no estar sigues siendo parte de mi vida.

Toda mi gratitud a todos aquellos que colaboraron conmigo a lo largo de este trabajo y me brindaron su ayuda en el laboratorio y en el trabajo de campo.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1 PRODUCCIÓN DE TILAPIA DEL NILO (<i>O. niloticus</i>) EN MÉXICO.....	6
2.2 BIOLOGÍA DE LA TILAPIA DEL NILO (<i>O. niloticus</i>).....	6
2.3 TÉCNICAS PARA CULTIVO MONOSEXO.	8
2.4 DESCRIPCIÓN DE LOS ADITIVOS	11
2.5 DESCRIPCIÓN DE LOS ANDRÓGENOS.....	13
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
4. JUSTIFICACIÓN	16
5. ANTECEDENTES	17
6. OBJETIVOS.....	19
6.1. OBJETIVO GENERAL.....	19
6.2 OBJETIVOS PARTICULARES	19

7. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
7.1 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO	20
7.2 ALEVINES.....	20
7.3 ALIMENTO HORMONADO Y ADITIVO COMERCIAL.....	20
7.4 DISEÑO EXPERIMENTAL	21
7.4.1 SIEMBRA	22
7.4.2 ALIMENTACIÓN DE LOS ALEVINES.....	22
7.4.3 EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO.....	23
7.4.4 ANÁLISIS DE PROPORCIÓN DE SEXOS.....	23
7.4.5 SUPERVIVENCIA	24
7.4.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	24
8. RESULTADOS.....	25
8.1 PERIODO DE ALEVÍN	25
8.2 PROPORCIÓN DE SEXOS Y SUPERVIVENCIA FINAL	29
9. DISCUSIÓN.....	30
10. CONCLUSIONES.....	46
LITERAURA CITADA	47

RESUMEN

La maduración sexual de la tilapia del Nilo a temprana edad, es considerada un problema ya que causa una disminución en el crecimiento de los organismos de cultivo, sumado a los problemas que trae consigo la sobrepoblación dentro de los sistemas de cultivo. Provocando así, una disminución en los parámetros de calidad de agua producto de las heces, un aumento en los niveles de nitritos, heterogenicidad en las tallas, una mayor competencia por alimento lo que termina generando estrés y haciéndolos vulnerables a enfermedades por lo que el uso de aditivos alimenticios para mejorar las condiciones se ha convertido en una forma de mantener la salud de los peces de cultivo. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la hormona fluoximesterona a diversas concentraciones en combinación de aditivo comercial en la proporción de sexos, el crecimiento y la supervivencia de la tilapia del Nilo. Para este experimento se utilizaron cinco tratamientos diferentes (FM, FM5+A, FM10+A, FM20+A y A+FM20) los cuales se diferenciarán entre sí basados en el orden en el que serán dispuestos los ingredientes y la concentración de hormona con la que serán preparados. Dichos tratamientos fueron evaluados en una población mixta (hembras y machos) de tilapia del Nilo *O. niloticus* se emplearon tres réplicas por tratamiento distribuidas de manera aleatoria dentro del sistema experimental. Los resultados mostraron que al final del experimento los tratamientos FM, FM5+A, FM10+A, FM20+A y A+FM20 presentaron un mayor peso húmedo con respecto al control, una mayor biomasa ganada respecto al grupo control, el tratamiento A+FM20 mostro una mayor supervivencia con respecto al resto de tratamientos pero también se mostró una disminución en el número de machos así como en el resto de tratamientos al que se les suministro el aditivo.

Palabras clave: Aditivo alimenticio, Reversión sexual, Fluoximesterona, Concentraciones.

ABSTRACT

Sexual maturation of Nile tilapia at an early age is considered a problem because it ends up causing a decrease in the growth of cultured organisms, in addition to the problems caused by overpopulation within the culture systems. This causes a decrease in water quality parameters due to feces, an increase in nitrite levels, size heterogeneity, increased competition for food, which ends up generating stress and making them vulnerable to diseases, so the use of food additives to improve conditions has become a way to maintain the health of farmed fish. The objective of this thesis was to evaluate the effect of the hormone fluoxymesterone at various concentrations in combination with a commercial additive on the sex ratio, growth and survival of Nile tilapia. Five different treatments were used for this experiment (FM, FM5+A, FM10+A, FM20+A and A+FM20) which will differ from each other based on the order in which the ingredients will be arranged and the concentration of hormone with which they will be prepared. These treatments were evaluated in a mixed population (females and males) of Nile tilapia *O. niloticus* and three replicates per treatment were randomly distributed within the experimental system. The results showed that, at the end of the experiment, the treatments (FM, FM5+A, FM10+A, FM20+A y A+FM20) presented a higher wet weight with respect to the control, a higher biomass gained with respect to the control group, treatment A+FM20 showed a higher survival with respect to the rest of the treatments but also showed a decrease in the number of males as well as in the rest of the treatments to which the additive was supplied.

Keywords: Feed additive, Sexual reversion, Fluoxymesterone, Concentrations.

1. INTRODUCCIÓN

Durante más de 60 años, la demanda mundial de pescado ha aumentado a una tasa significativamente superior a la del crecimiento de la población mundial. En el período 1961–2017, la tasa media de crecimiento anual del consumo total de pescado fue de 3.1% anual, superando la tasa de crecimiento anual de la población (1.6%) (FAO, 2020).

En el mismo período, la tasa media de crecimiento anual del consumo total de pescado superó la de todas las demás proteínas de origen animal (carne, huevos, leche, etc.), que aumentaron en un promedio del 2.1%, y aquella de todas las carnes de animales terrestres combinadas (2.7% anual) o por grupos individuales (carne bovina, ovina y caprina, cerdo) (FAO, 2020), a excepción de las aves de corral, que crecieron a un 4.7%. En valores per cápita, el consumo de pescado aumentó a nivel mundial de 9.0 kg (equivalente en peso vivo) en 1961 a 20.3 kg en 2017, a una tasa media de alrededor del 3.1% anual. Mientras que el consumo total de carne creció un 1.1% por año en el mismo período (Figura 1) (FAO, 2020).

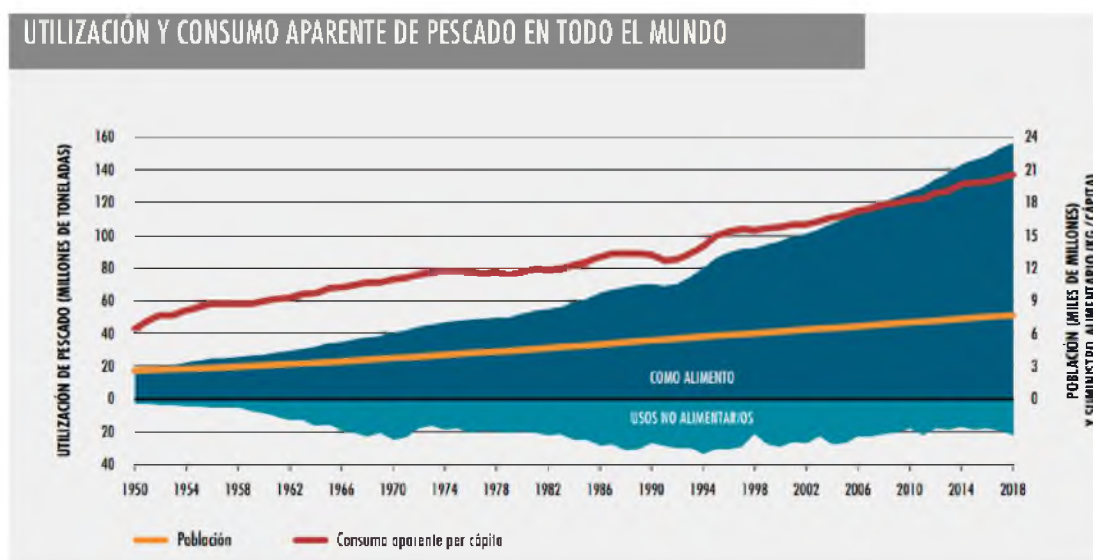


Figura 1. Gráfica del aumento del consumo de pescado en toneladas de 1950 a 2018 (FAO, 2020).

Debido al incremento anual del consumo de pescado en el mundo, la producción pesquera mundial, alcanzó un máximo de aproximadamente 179 millones de toneladas en 2018, de los cuales la acuicultura representó un 47%, con un 28.7% resultado de la acuicultura continental, y hasta un 53% si se excluyen los usos no alimentarios (incluida la reducción para la preparación de harina y aceite de pescado) (FAO, 2020).

Si se tiene en cuenta el alto déficit proteico de la humanidad y el hecho de que existen mercados que demandan productos de bajo contenido de colesterol y toxinas, el cultivo de ciertos grupos de peces como las tilapias se convierte en una alternativa viable por su alta productividad y composición nutricional, lo que las vuelve más saludable que la carne de cerdo, aves y res (Méndez–Martínez *et al.*, 2018).

A nivel mundial las especies más producidas del grupo de las tilapias son la del Nilo (*O. niloticus*), la de Mozambique (*O. mossambicus*) y la azul (*Oreochromis aureus*), y así como varios híbridos, resaltando el híbrido entre *O. aureus* y *O. mossambicus* por su mayor producción de huevos (Jiménez–Badillo & Nepita–Villanueva, 2008).

El cultivo de estas especies es de gran importancia para la alimentación humana, debido a su período de crecimiento relativamente corto, en relación con otros peces y por presentar alta adaptabilidad a diferentes ambientes de producción (Pérez *et al.*, 2014). Sin embargo, a pesar del excelente crecimiento de las especies que conforman el grupo de las tilapias y, en particular de la tilapia del Nilo, este tipo de organismos, durante todo su ciclo de cultivo, se encuentran sujetos a un estrés constante resultado de condiciones de cultivo deficientes poco ideales, tales como altas densidades de siembra y deficiente calidad del agua (Franco *et al.*, 2011). Estas características propician, a su vez, bajas tasas de

crecimiento, pobre aprovechamiento del alimento y presencia de bacterias oportunistas (Jiménez–Badillo & Nepita–Villanueva, 2008). Para contribuir a la disminución de estos problemas, en los últimos años, los estudios se han dirigido a investigar una gran variedad de aditivos funcionales, tales como: probióticos, prebióticos, extractos naturales y ácidos orgánicos como estimuladores del crecimiento y del sistema inmune de los organismos acuáticos bajo cultivo (Hernández , 2012).

El desarrollo del cultivo de peces ha visto resultados positivos con el uso de aditivos alimentarios funcionales para estimular la capacidad antioxidante, activar los mecanismos del defensa, mejorar las funciones metabólicas y optimizar los procesos fisiológicos ante los riesgos que conlleva el manejo. Lo anterior permite incrementar el crecimiento y supervivencia de los peces a fin de obtener una mejor producción acuícola y garantizar el bienestar de los organismos (Asencio–Alcudia, 2021). |

En la actualidad, las tendencias alimenticias de cultivos acuícolas están cambiando. La industria, la academia y los acuicultores apuntan al mejoramiento en rendimiento productivo considerando el bienestar animal y medioambiental. El desarrollo de nuevas alternativas está siendo enfocado a la suplementación de aditivos de origen natural, que reemplacen el uso de químicos y antibióticos que representen un riesgo sanitario (resistencia bacteriana a los antibióticos, efectos negativos en el alimento) (Ortega, 2018).

Los aditivos en las dietas para animales de cultivo, son ingredientes nutritivos o no nutritivos y que funcionan por métodos directos o indirectos en el animal de cultivo que los consume. Los aditivos que mejoran la eficiencia en el aprovechamiento del alimento por parte de los peces son particularmente importantes, ya que los costos de alimentación

pueden representar hasta el 70% de los gastos totales en la producción acuícola. Los aditivos se suplementan en alimentos acuáticos para garantizar la ingestión, digestión y absorción de los nutrientes de la dieta (Bai *et al.*, 2015).

Los aditivos más utilizados en la acuicultura son los probióticos (bacterias viables), tales como *Bacillus* spp. y *Lactobacillus* spp., y los prebióticos, tales como los fructooligosacáridos, glucanos y los productos extraídos de plantas en forma de polvo, extracto acuoso y aceites esenciales (Carbone & Faggio, 2016; Hai, 2015). En la industria acuícola, los esfuerzos combinados del sector privado (industria) y el sector público (universidades y centros de investigación) han dado como resultado el desarrollo de una amplia gama de aditivos para mejorar la utilización de nutrientes, prevenir el ataque de patógenos, y reducir los costos durante la producción de organismos acuáticos (Ceulemans *et al.*, 2009; Ornelas–Luna, *et al.*, 2017).

A la fecha, existe un sinnúmero trabajos que relacionan el uso de aditivos, con efectos positivos en el desempeño productivo de las tilapias. Toyama *et al.* (2000) demostraron que la vitamina C mejora el desempeño de la reversión sexual y crecimiento en tilapia del Nilo cuando es alimentada con dietas conteniendo niveles de suplementación mayores a 800 mg/kg y 400 mg/kg de dieta (ganancia de peso y longitud, respectivamente). Otros investigadores como Cavichiolo *et al.* (2002) reportaron un mejor tamaño corporal de larvas de tilapia del Nilo (peso y talla) en la suplementación de vitamina C en dietas. En este mismo estudio, los autores recomiendan utilizar 1000 mg/kg de vitamina C en la ración durante el proceso de reversión sexual para mejorar la supervivencia y la integridad de las branquias como lo mostrado por (Oliveira–Leonardo, *et al.*, 2001).

Debido a la evidencia que existe acerca de los beneficios que proporciona el uso de aditivos en el cultivo de peces y particularmente en el cultivo de tilapia del Nilo, en cuanto a la supervivencia y el crecimiento de esta especie, surge la necesidad de conocer el desempeño que poseen los aditivos durante el proceso de reversión sexual (Jiménez-Badillo & Arredondo-Figueroa, 2000a; Daza *et al.*, 2005; Vidal *et al.*, 2010; Alcántar-Vázquez *et al.*, 2014) y evaluar la interacción que tengan dichos aditivos con los andrógenos utilizados en la etapa de hormonado de la tilapia del Nilo y sus efectos en cuanto a crecimiento y proporción de machos resultante.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Producción de tilapia del Nilo (*O. niloticus*) en México

En México, la CONAPESCA registró en 2020 una producción total acuícola de tilapias de 72 mil 595.06 toneladas, con valor de 2 mil 66.43 millones de pesos (SADER, 2021). En 2021 la cifra de producción es de 15 mil 958 toneladas, de las cuáles, más de 10 mil toneladas pertenecen a la acuicultura y el resto a captura en agua dulce (SADER, 2021). La producción acuícola en Oaxaca está desarrollada con una infraestructura que pasó de 409 en 2010 a 779 Unidades de Producción o Granjas registradas oficialmente en 2016, teniéndose datos de que existen alrededor de 904 Unidades en la entidad, con una superficie estimada de 2020 hectáreas, de las cuales: 10 hectáreas son de trucha; 170 hectáreas son de mojarra y 1840 hectáreas se dedican al camarón (CONAPESCA, 2020).

A nivel nacional, Oaxaca ocupa el lugar número 15, con una producción aproximada de 2 mil 800 toneladas anuales; siendo la Cuenca del Papaloapan la de mayor productividad, con mil 862 jaulas flotantes instaladas en los embalses de las presas “Miguel Alemán” y “Miguel de la Madrid” con una producción de 2 mil 200 toneladas anuales (INAPESCA, 2019).

2.2 Producción de tilapia del Nilo (*O. niloticus*)

Tilapia es el nombre común aplicado a tres géneros y más de 70 especies de la familia Cichlidae: *Oreochromis*, *Sarotherodon* y *Tilapia*. Están dentro de las especies de aguas cálidas más importantes para la acuicultura (Macaranas *et al.*, 1997). La tilapia del Nilo es una de las especies con mayor producción a nivel mundial de las mojarra (tilapias) (FAO,

2020) debido a su rápido crecimiento y tolerancia a un amplio rango de temperaturas y salinidades (Fotedar & Phillips, 2011).

La tilapia del Nilo es originaria de África central, sin embargo, desde mediados del siglo XX comenzó su diseminación a otros países tropicales. Gracias a esto hoy en día la especie se puede encontrar en todo el mundo; además presenta un elevado valor comercial lo cual ha favorecido su popularización a lo largo de todo el planeta (Macaranas *et al.*, 1997).

Los cíclidos son clasificados como omnívoros, debido a que su alimentación se basa en el consumo de zooplancton, insectos, vegetales acuáticos, en el medio natural. Mientras que en ambientes de cultivo, se adaptan muy bien a alimentos artificiales elaborados a base de harinas vegetales y animales. Esta especie es considerada como un pez filtrador por su capacidad de capturar eficientemente organismos planctónicos de la columna de agua. De la misma manera, utiliza eficientemente los nutrientes de las dietas artificiales mediante un proceso de alta digestibilidad de algunos componentes que no son aprovechables por otras especies de peces como, por ejemplo, los carbohidratos complejos y alimentos ricos en fibra (Cantor, 2007).

La tilapia del Nilo es una especie altamente prolifera siendo que una hembra es capaz de producir hasta 3000 alevines en promedio. No obstante, este aspecto hace difícil su control reproductivo, resultando en una sobrepoblación, lo que trae como consecuencia la falta de uniformidad y disminución de la ganancia de peso en los estanques de producción (Logato *et al.*, 2004). La especie, alcanza la madurez sexual a los 2 o 3 meses y pueden reproducirse cada 3 o 4 semanas. Los machos de la tilapia del Nilo crecen más

rápido que las hembras, por lo que en el cultivo comercial se elige producir poblaciones compuestas a un 100% por machos, también llamados cultivo monosexo (Cnaani & Hulata, 2008) con el fin de obtener una mayor producción.

2.3 Técnicas para cultivo monosexo.

En el caso de varias especies de peces, incluida la tilapia del Nilo, fenotípicamente el sexo de las crías no se encuentra definido al 100% al eclosionar, por tal motivo la manipulación de algunos factores externos como la temperatura o el comportamiento social pueden inducir a una reversión sexual. Hoy en día existen diferentes métodos para reducir o en algunos casos evitar la maduración sexual precoz y con esto el retraso en el crecimiento observado en la tilapia del Nilo en condiciones de cultivo, reduciendo los problemas causados por la sobrepoblación en los estanques (Ornelas-Luna *et al.*, 2017; Ramírez-Ochoa *et al.*, 2023).

Durante el desarrollo de la acuicultura se han empleado técnicas simples para obtener poblaciones monosexo y evitar la sobrepoblación de alevines en los sistemas de cultivo (Páramo-Delgadillo, 2014).

1.- El sexado manual: consiste en separar a los machos y a las hembras, para ser cultivados en estanques separados. El trabajo es laborioso y consume mucho tiempo (Daza *et al.*, 2005).

2.- Introducción de depredadores tales como: la carpa (*Cyprinus carpio*), la perca del Nilo (*Lates niloticus*), la lobina negra (*Micropterus salmoides*) y la tenguyaca (*Petenia splendida*) especies carnívoras que se alimentan de las crías

de las tilapias contribuyendo de esta manera al control de la población en los estanques (Jiménez–Badillo & Arredondo–Figueroa, 2000b).

3.- El uso de cultivos con densidades altas o dentro de jaulas flotantes con la finalidad de retrasar la maduración y hacer físicamente imposible la fertilización de los huevos (Daza *et al.*, 2005).

4.- La producción de híbridos resultado de la cruce entre especies de tilapias, refleja altos porcentajes de machos, por lo cual es posible establecer cultivos monosexo (Jiménez–Badillo & Arredondo–Figueroa, 2000b; Jimenez–Badillo & Nepita–Villanueva, 2008).

5.- La manipulación genética con el fin de producir organismos estériles (haploides, triploides y poliploides) es una alternativa en la actualidad, no obstante, aún son necesarios más estudios en la tilapia del Nilo para que esta técnica sea una alternativa comercial real (Arias–Rodriguez & Páramo–Delgadillo, 2001).

6.- Manipulación de factores ambientales sugieren que la temperatura y el pH pueden modificar la proporción de sexos de aquellas especies con determinación sexual ambiental, como ha sido observado en el género *Apistogramma* y en especies como *Poecilia melanogaster* y *Pseudocrenilabrus multicolor victorae* (Römer & Beisenherz, 1996). En estos estudios, el aumentar o disminuir la temperatura y el pH, modifica la proporción de sexos original. Sin embargo, esto no siempre se cumple y se pueden dar variaciones notorias.

7.- Para concluir, la reversión sexual o masculinización mediante la implementación de hormonas exógenas es reconocida desde hace años como la técnica más eficiente para la producción de poblaciones monosexo. Dichas

hormonas son administradas inmediatamente después de la eclosión, principalmente a través de las dietas comerciales, con el fin de evitar la diferenciación sexual natural de los peces, permitiendo obtener hasta un 99.8% de machos en la población (Hurtado, 2005; Daza *et al.*, 2005).

Actualmente, el método de reversión sexual más empleado en la tilapia del Nilo es la inclusión de andrógenos al alimento balanceado suministrado durante el periodo de alevín. Para esto se pueden utilizar la fluoximesterona, la 17α -metiltestosterona y la 17α -metildihidrotestosterona (MDHT; 17β hydroxy-17-methyl-5 α -andro-stan-3- uno) (Amado & Flores, 2014).

Esta masculinización será efectiva si los andrógenos se aplican antes de que los alevines lleven a cabo la diferenciación sexual, la cual ocurre cuando presentan un peso aproximado de 0.01 g y una longitud menor a 10 mm (Enríquez *et al.*, 2004) ya que en los alevines debido a mayores a 12 mm de longitud total, el tejido gonadal ha empezado a diferenciarse. Estudios realizados a este respecto han descubierto que alevines de 11 mm de longitud total, presentan una eficiencia de reversión menor al (96%), mostrando que la efectividad del suministro de la hormona disminuye conforme se incrementan la edad y la talla (Guerrero III & Shelton, 1974).

Wang & Tsai (2000) mencionan que en cuanto a lo que se refiere a la edad la masculinización esta debe iniciarse antes de los 10 días de edad, ya que alrededor de este tiempo las gónadas comienzan a diferenciarse sexualmente en machos o hembras.

2.4 Descripción de los aditivos

En el cultivo de la tilapia del Nilo se ha observado que los problemas sanitarios se incrementan con el aumento en la densidad de los cultivos (Conroy, 2005). Detonando así la inmunosupresión y de esta manera la incidencia de diversos agentes patógenos (Silveira–Telli *et al.*, 2014). Para disminuir los efectos adversos producidos por estos, los nutraceuticos o aditivos, han surgido como una alternativa ambientalmente amigable y sustentable. Sin embargo, a pesar de que el uso de los aditivos, han sido ampliamente investigados y se han aplicado en la industria, aún no han sido ampliamente usados a nivel global (Ying–Rui *et al.*, 2013). Los aditivos alimenticios son sustancias que, se agregan intencionadamente a los alimentos de animales, durante su proceso de producción (Rodríguez–Estrada, *et al.*, 2013).

En este punto, es importante resaltar que los aditivos alimenticios (ya que se suplementan a través del alimento balanceado que consumen los animales de cultivo), tienen dos funciones. Por un lado, mejorar la nutrición y por otro reforzamiento del sistema inmune. Es por esto que, comúnmente se les llama aditivos funcionales (Ceulemans *et al.*, 2009). Los aditivos funcionales para la acuicultura tienen un futuro brillante. Se consideran una alternativa eficiente para mejorar la productividad general y la salud de los organismos cultivados y, en consecuencia, aumentar las ganancias económicas (Ranzani–Paiva *et al.*, 2019). Los aditivos que poseen un efecto directo en el desempeño del animal que los consume, son los probióticos, prebióticos, acidificantes y extractos vegetales (Dawood *et al.*, 2017).

Varios tipos de aditivos alimenticios mejoran la digestibilidad, la eficiencia y utilización de los nutrientes. En este tipo de aditivos, se incluyen las enzimas exógenas, estimuladores de la secreción de enzimas (los cuales son compuestos que ayudan en el proceso digestivo mejorando la absorción, movilización y transporte de nutrientes). Este tipo de aditivos enzimáticos, reducen el desperdicio de alimento y nutrientes. Otros tipos modulan la microflora y morfología intestinal (Ceulemans *et al.*, 2009).

En el caso particular de los probióticos, además de ser caracterizados como organismos inocuos, también tienen la categorización GRAS (Generalmente Reconocidos como Seguros), y son considerados como aditivos que actúan más eficaz y rápidamente en el organismo que los consume (Guevara, 2011). En la actualidad, existen una gran variedad de preparaciones probióticas, adaptadas a las necesidades de cada especie. Los probióticos, se han incorporado directamente en las dietas de organismos acuáticos cultivados, tales como peces, camarones y moluscos, con el objetivo de proporcionar salud, bienestar y un aumento de los parámetros zootécnicos, como lo son la ganancia en peso y la conversión del alimento (Mohapatra *et al.*, 2013).

Los prebióticos son ingredientes alimentarios no digeribles que llegan al intestino y sirven de sustrato a la microflora intestinal, facilitando la asimilación de nutrientes, metabolitos y micronutrientes utilizados por el hospedador y estimulando el crecimiento selectivo de determinadas especies benéficas (bacterias productoras del ácido láctico) que forman parte de la microbiota presente en el intestino (Corzo *et al.*, 2015).

La mayoría de los prebióticos pertenecen al grupo de los carbohidratos y oligosacáridos y poseen diferentes estructuras moleculares. Muchos prebióticos, están

habitualmente presentes en la dieta. Entre estos, están las fibras, tales como los oligosacáridos no digeribles (ODNs). Hasta la fecha, los prebióticos más ampliamente estudiados son los fructooligosacáridos, la inulina, la oligofructosa, y los mananooligosacáridos, (Roberfroid, 2005; Bosscher *et al.*, 2006; Seifert & Watzl, 2007; Kelly, 2009).

De manera general, los aditivos son clasificados en las siguientes categorías:

- a.- Aditivos nutricionales: vitaminas, minerales traza, aminoácidos.
- b.- Aditivos tecnológicos: antioxidantes, emulsificantes o acidificantes.
- c.- Aditivos sensoriales (atrayentes): aromas y pigmentos.
- d.- Aditivos zootécnicos: potenciadores de la digestión, estabilizadores de la flora intestinal. Aquí se incluyen los pro – y prebióticos, y extractos vegetales.

(Ravindram, 2010).

2.5 Descripción de los andrógenos

Las hormonas sexuales las conforman los andrógenos y los estrógenos. Profundizando en los primeros, los andrógenos son las hormonas sexuales de los machos segregadas por los testículos, sin embargo, también pueden ser producidas por los ovarios en las hembras (androstenediona). A estas hormonas corresponden la testosterona, la androsterona y la androstenediona (Amado & Flores, 2013).

La testosterona es la hormona principal de los andrógenos, se compone por 19 átomos de carbono y dos grupos metilo en las posiciones C18 y C19, un doble enlace entre el C4 y C5, así como un grupo hidroxilo en el C17. Por otro lado entre los derivados

sintéticos más utilizados se encuentran las 17α -metiltestosterona y la fluoximesterona, presentando como característica principal el conservar su acción androgénica al ser ingeridas vía oral (Amado & Flores, 2003).

La fluoximesterona, es empleada también con el propósito de reversión sexual. Moreno–Enriquez *et al.* (2003) y Ramírez-Ochoa *et al.* (2023) reportan que este andrógeno tiene un efecto más potente que la 17α -metiltestosterona, pues obtuvieron una eficiencia del 95% y 93%, respectivamente en la reversión sexual de la tilapia del Nilo, implementando una dosis oral desde 5 mg por kilogramo de alimento.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La maduración sexual de la tilapia del Nilo a temprana edad, provoca una disminución en el crecimiento de los organismos de cultivo debido a que estos enfocan parte de su energía a la reproducción, sumado a los problemas que trae consigo la sobrepoblación dentro de los sistemas de cultivo. Lo anterior trae como resultado una disminución en los parámetros de calidad de agua producto de las heces, un aumento en los niveles de nitritos, heterogeneidad en las tallas, una mayor competencia por alimento, estrés excesivo y vulnerabilidad a enfermedades. Para evitar estos problemas que afectan a los sistemas acuícolas de producción industrial, los productores optan por la producción de cultivos monosexo, siendo el uso de esteroides sexuales la técnica más difundida y por ende la más usada en la mayoría de los casos.

Una de las formas de prevenir las enfermedades y favorecer el crecimiento de los peces en los cultivos es utilizar aditivos alimenticios, cuya efectividad, se puede potenciar mediante mezclas de aditivos (“blends”), ampliamente disponibles a nivel comercial. Dichos blends, magnifican los efectos de los aditivos a comparación de cuando se suplementan de manera individual. Un aspecto fundamental del uso de los blends, es determinar cómo interactúan en el proceso de masculinización de especies como la tilapia del Nilo. Por lo que, es necesario entender su relación y el orden de aplicación, junto con las técnicas de reversión sexual actualmente empleadas por los productores.

4. JUSTIFICACIÓN

De acuerdo con lo reportado por INAPESCA (2019), en el estado de Oaxaca ha sido común la aparición de enfermedades acuícolas que han afectado de manera severa la producción en granjas y embalses en el estado de Oaxaca.

Lo anterior deja en claro la imperante necesidad de incentivar la seguridad sanitaria en el cultivo de la tilapia del Nilo en el estado y que este se acompañe de nuevas biotecnologías enfocadas al control del cultivo, que permitan mantener la producción en la región.

Paralelamente, con base a la preocupación por proteger los sistemas de producción, nace la necesidad de determinar si los aditivos que comienzan a ser empleados por los productores para proteger su producción tendrán algún efecto, ya sea negativo o positivo, sobre los procesos productivos que ya se manejan en las granjas, sobre el índice de conversión alimenticia o sobre la proporción de machos y hembras obtenidas mediante el proceso de reversión sexual.

5. ANTECEDENTES

Los trabajos sobre reversión sexual han sido ampliamente desarrollados por diversos investigadores a través del tiempo y en diversas especies, incluyendo peces, anfibios y aves (Hurtado, 2005). Los primeros trabajos de reversión sexual en peces se presentan en la década de 1930 (Yamamoto, 1953).

Los primeros intentos de producir tilapias de un solo sexo fueron hechos en el año de 1960, por medio de la hibridación. Desde ese momento, los mayores aportes hechos sobre reversión sexual en tilapias fueron realizados por Guerrero (1975) y Shelton *et al.* (1981), quienes generaron técnicas especiales de preparación de alimento con hormonas y de inspección de gónadas para observar los resultados de la inversión. A partir de estos estudios se deriva el gran número de estudios realizados al momento. En la Tabla 1 se presenta un resumen comparativo de los trabajos de masculinización realizados en tilapias.

Por otro lado, la investigación respecto al efecto de los aditivos en el cultivo de peces es de una relevancia significativa debido a que la acuicultura Latinoamericana, presenta una serie de problemas relacionados a la alimentación y nutrición de la tilapias, siendo los principales, la ausencia de una metodología correcta en las técnicas de alimentación y el déficit de alimentos artificiales de calidad a bajo costo, que puedan satisfacer las necesidades nutricionales de los peces en cultivo (Toledo-Pérez & García-Capote, 1998).

Los productos de origen vegetal como promotores de crecimiento y para el control y la prevención de enfermedades de organismos acuáticos, se han identificado como una alternativa accesible y de efectos positivos. Sin embargo, las investigaciones en este campo

y el empleo de los mismos por el sector productivo animal son aún insuficientes, ya que solo algunos tipos de extractos han sido estudiados (Silveira-Coffigny, 2006). El ajo *Allium sativum*, es uno de ellos. El cual se ha investigado, como promotor de variables como peso (g), talla (cm), ancho (cm), índice de condición y, tasa de supervivencia (%) en dietas acuícolas (Franco *et al.*, 2011).

Tabla 1. Resumen comparativo de trabajos de masculinización realizados en tilapias.

AUTOR	ESPECIE	ESTEROIDE Y DOSIS*	TIEMPO (DÍAS)	PORCENTAJE DE MACHOS
Shelton <i>et al.</i> , 1981	<i>O. aureus</i>	MT 60	16 – 19 – 21 – 28	83 – 93 % 98 – 97 %
Owusu-Frimpong & Nijhar 1981	<i>O. niloticus</i>	MT 50	24 – 42	100 – 100 %
Macintosh <i>et al.</i> , 1985	<i>O. mossambicus</i>	MT 30	30 – 60	79 – 94 %
Moreno, 1985	<i>O. mossambicus</i>	MT 60	21	96 – 100 %
Pérez, 2002	<i>O. niloticus</i>	MT 60	30	97 %
Arboleda & Duván 2005	<i>O. mossambicus</i>	MT 60	30	90 %
López <i>et al.</i> , 2007	<i>O. niloticus</i>	FM 5	35	95 %
Torres-Hernández <i>et al.</i> , 2010	<i>O. niloticus</i>	FM y T 2.5	30	93 – 63 %
Almeida, 2014	<i>O. niloticus</i>	MP y TA 60	30	98 – 59 %
Anasi-Pachacama 2015	<i>Oreochromis spp</i>	MT 60 – 80 – 100	30	96 – 99 – 100 %
Ordóñez-Gamboa & Recalde-Villalba, 2017	<i>O. niloticus</i>	MT 0.5 – 1.0 – 1.5 – 2.0 – 2.5	10 – 12 – 14	47 – 59 – 64 – 65 – 66 %

MT = 17 alfa-metiltestosterona FM = Fluoximesterona T = Testosterona enantato
MP = Mesterolona proviron TA = Testosterona andriol. *Dosis = mg Kg⁻¹

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la concentración de fluoximesterona en combinación con un “blend” de aditivos comercial (BIOprotec, Aquanu3[®]) de origen natural, en la proporción de machos, crecimiento y supervivencia de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*).

6.2 Objetivos particulares

- 1.- Evaluar el efecto de la concentración de fluoximesterona en combinación con un “blend” de aditivos alimenticio comercial (BIOprotec, Aquanu3[®]) en la proporción de machos de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*).
- 2.- Estimar el efecto de la concentración de fluoximesterona en combinación con un “blend” de aditivos comercial (BIOprotec, Aquanu3[®]) en el crecimiento de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*).
- 3.- Determinar el efecto de la concentración de fluoximesterona en combinación con un “blend” de aditivos comercial (BIOprotec, Aquanu3[®]) en la supervivencia de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*).

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Ubicación del experimento

Este estudio, se llevó a cabo en el Laboratorio Acuícola y en las instalaciones de la Unidad Experimental de Producción Acuícola (UEPA) ubicadas en la Universidad del Papaloapan (UNPA) Campus Loma Bonita, Oaxaca.

7.2 Alevines

Se emplearon alevines de tilapia del Nilo con saco vitelino provenientes del laboratorio de producción de alevines masculinizados “Tilapia del Papaloapan” ubicado en San Juan Bautista Valle Nacional, Oaxaca. Los alevines se trasladaron al Laboratorio en una bolsa de plástico transparente con oxigenación. A su llegada al laboratorio, se sometieron a un proceso de aclimatación con la finalidad de adaptar a los peces experimentales a las nuevas condiciones de laboratorio ($> 1^{\circ}\text{C}$).

7.3 Alimento hormonado y aditivo comercial

Para llevar a cabo el bioensayo de masculinización, se utilizó alimento comercial tipo harina marca Purina Nutripec conteniendo 53% de proteína (de hoy en adelante llamado PN53). Este fue el alimento base para todas las dietas experimentales. El primer tratamiento o tratamiento control, se denominó C (conteniendo solo PN53%).

En el caso del presente estudio, se usó un “blend” (una mezcla de aditivos) alimenticio comercial (BIOprotec, Aquanu3[®]) de origen natural y elaborado a base de fitomoléculas con aceites esenciales, prebiótico (inulina), vitamina C, ajo (*Allium sativum*), canela (*Cinnamomum verum*) y cloruro de sodio.

Para el resto de los tratamientos conteniendo fluoximesterona y el aditivo BIOprotec, Aquanu3[®], PN53 fue preparado de la siguiente manera: una pastilla de fluoximesterona 5 g, se molió con un mortero. Posteriormente el polvo obtenido del andrógeno, se diluyó (de acuerdo a la cantidad en mg requerida por cada dieta), en 500 mL de alcohol de caña. Esta mezcla, se incorporó a 1 kg de PN53 con ayuda de un atomizador. El proceso se repitió varias veces hasta agotar el alcohol. El alimento hormonado, se dejó secar cuatro horas. El aditivo BIOprotec, Aquanu3[®], se adicionó a PN53% (antes o después de haber sido hormonado, según los requerimientos de cada dieta experimental) y mezcló hasta lograr una masa homogénea.

El segundo, tercero, cuarto, quinto y sexto tratamientos, fueron denominados de la siguiente forma (siguiendo el orden especificado para cada dieta). El segundo tratamiento, se denominó FM20 (PN53% + 20 mg de fluoximesterona). El tercer tratamiento, se denominó, FM20+A (PN53% + 20 mg de fluoximesterona + 2 g de BIOprotec, Aquanu3[®]). El cuarto tratamiento, se denominó A+FM20 (Purina Nutripec 53% + 2 g de BIOprotec, Aquanu3[®] + 20 mg de fluoximesterona). El quinto tratamiento, se denominó FM5+A (Purina Nutripec 53% + 5 mg de fluoximesterona + 2 g de BIOprotec, Aquanu3[®]). El sexto tratamiento, se denominó FM10+A (Purina Nutripec 53% + 10 mg de fluoximesterona + 2 g de BIOprotec, Aquanu3[®]).

7.4 Diseño experimental

Se evaluaron cinco tratamientos diferentes (FM, FM5+A, FM10+A, FM20+A y A+FM20) y un tratamiento Control (C) en una población mixta (hembras y machos) de tilapia del Nilo. Se emplearon tres réplicas por tratamiento distribuidas de manera aleatoria dentro del sistema experimental. Para el bioensayo se empleó un sistema de recirculación compuesto

por 18 acuarios de acrílico, con capacidad de 85 L cada uno, dos filtros, uno mecánico y un bio-filtro compuesto por bio-bolas. El tratamiento hormonal tuvo una duración de 30 días. En total, el experimento tuvo una duración de 30 días de cultivo en condiciones de laboratorio (durante el proceso de reversión hormonal) y otros 30 días de cultivo en el sistema de recirculación exterior en tanques de 800 L de capacidad. Se estableció un fotoperiodo durante los 30 días de cultivo interior de 12L: 12°, mientras que en el cultivo exterior se utilizó un fotoperiodo natural. Se registró la temperatura del agua diariamente con ayuda de un termómetro analógico (± 0.5 °C, Taylor®) para determinar la temperatura promedio a lo largo del experimento.

7.4.1 Siembra

Los alevines sexualmente indiferenciados, fueron colocados en un recipiente de 19 litros con agua del sistema experimental hasta que la diferencia entre ambas temperaturas fue menor a 1°C. Por último, los alevines fueron sembrados a una densidad de 0.6 alevines L⁻¹ en los acuarios (51 alevines por acuario).

7.4.2 Alimentación de los alevines

Los alevines de todos los grupos iniciaron su alimentación, con sus respectivas dietas experimentales (suministrando el 10% diariamente de alimento con respecto a la biomasa total del acuario) desde el primer día de su llegada al sistema donde se realizó el bioensayo. El flujo de aire y agua dentro de los acuarios se cerró 10 minutos antes de alimentar y durante 15 minutos después de agregar el alimento, esto para facilitar la alimentación de los alevines. La alimentación se llevó a cabo cada dos horas (08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00 y 18:00) realizando sifoneos y recambios de agua diarios con la finalidad de extraer los residuos de alimento no ingerido y las heces.

7.4.3 Evaluación del crecimiento

Se realizaron biometrías cada 15 días, colectándose al azar un 20% de la población de cada replica por tratamiento. Estas biometrías se llevaron a cabo mediante fotografías digitales para obtener la longitud total (LT) empleando el software ImageJ, mientras que para el peso húmedo (PH) se llevó a cabo el registro empleando una balanza digital (Marca Ohaus, Scout, 0 a 200 g).

La evaluación del crecimiento se realizó a partir del peso húmedo y longitud total obtenidos de cada biometría. Las fórmulas empleadas para calcular los índices de crecimiento son las siguientes:

$$\text{Biomasa ganada (BG)} = \text{Biomasa final (g)} - \text{biomasa inicial (g)}$$

$$\text{Factor de condición (FC)} = \frac{\text{Peso húmedo (g)}}{\text{Longitud total}^3 \text{ (cm)}} \times 100$$

$$\text{Tasa de crecimiento diario peso (TCD-p)} = \frac{\text{Peso final (g)} - \text{Peso inicial (g)}}{\text{Días de cultivo}}$$

$$\text{Tasa de crecimiento diario longitud (TCD-l)} = \frac{\text{Talla final (cm)} - \text{Talla inicial (cm)}}{\text{Días de cultivo}}$$

7.4.4 Análisis de proporción de sexos

La determinación de sexos en cada una de los tratamientos se llevó a cabo implementando la técnica de squash propuesta por Guerrero III & Shelton (1974), la cual consiste en extraer la gónada del pez para hacer una fijación en un porta-objetos en el cual se colocó la gónada y se le agregó aceto-carmin (HYCEL) para posteriormente macerarlo con la ayuda

de un cubre-objetos para romper y observar su estructura interna. El criterio que se empleó para la identificación del sexo de los organismos bajo el microscopio fue el siguiente. Si al observar el tejido uniforme se identificaron pequeños puntos negros (espermatozonias) se clasificó como macho, mientras que si en el tejido se observaron células grandes y redondas (ovogonias) se clasificó como hembra.

7.4.5 Supervivencia

El porcentaje de supervivencia (S) se obtuvo a partir de la siguiente fórmula:

$$S = \frac{\text{peces cosechados}}{\text{peces sembrados}} \times 100$$

7.4.6 Análisis estadístico

Se verificaron los supuestos de normalidad (Kolmogorov–Smirnov) y homocedasticidad (Levene) para el uso de pruebas estadísticas paramétricas. Las diferencias en peso húmedo, longitud total, así como los índices obtenidos (BG, FC, TCD-p, TCD-1) se determinaron mediante un análisis de varianza de una vía. Las diferencias entre los tratamientos se compararon mediante una prueba *a posteriori* de Tukey con un nivel de significancia del 95%. La proporción de machos identificados en cada tratamiento mediante la técnica del squash se analizó mediante una prueba de chi-cuadrada a un nivel de significancia del 99%. Todos los análisis se realizaron empleando el programa Minitab.

8. RESULTADOS

8.1 Periodo de alevín

Los datos obtenidos para el peso húmedo y la longitud total durante el periodo de alevín se muestran en la Tabla 2. Todos los tratamientos iniciaron con alevines del mismo peso, talla y edad (0.01 ± 0.001 g). Se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en el peso húmedo entre los tratamientos a partir del día 30, con los tratamientos FM20+A, A+FM20 y FM10+A mostrando valores más altos en comparación con el grupo control. No se observaron diferencias entre los grupos FM20 y FM5+A con respecto al grupo control. Para el día 45 se registró un valor de peso húmedo significativamente más alto ($P < 0.05$) en el tratamiento FM10+A en comparación con el tratamiento A+FM20. No se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre el grupo control y los grupos adicionados con el aditivo comercial y/o fluoximesterona. Al día 60 los grupos tratados con la combinación de fluoximesterona y el aditivo comercial mostraron valores significativamente ($P < 0.05$) más altos en comparación con el grupo control. No se registraron diferencias significativas entre los grupos tratados.

En cuanto a la longitud total, se registraron diferencias significativas ($P < 0.05$) desde el día 15, con el tratamiento A+FM20 mostrando un valor significativamente más alto ($P < 0.05$) en comparación al grupo control y el resto de los tratamientos (Tabla 2). No se observaron diferencias significativas entre los grupos suplementados con el aditivo comercial y/o fluoximesterona. Al día 30 no se registraron diferencias significativas entre el grupo control y los grupos tratados. Para el día 45 los tratamientos FM5+A y FM10+A mostraron valores significativamente ($P < 0.05$) más altos en comparación con el resto de los grupos tratados y el grupo control. Finalmente, a los 60 días se registró un valor

significativamente ($P < 0.05$) más alto en el tratamiento FM5+A en comparación con el grupo FM20+A y el grupo control. No se observaron diferencias significativas entre el grupo control y los tratamientos FM20+A y A+FM20.

Tabla 2. Peso húmedo (g) y longitud total (cm) durante los 60 días de experimentación de alevines de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas con fluoximesterona y un aditivo comercial a diferentes concentraciones y formas de preparación. Promedio $\pm$ Desv. Standard.

	Tratamiento					
	C	FM20	FM20+A	A+FM20	FM5+A	FM10+A
Día 1						
PH	0.01 $\pm$ 0.00 ^a	0.01 $\pm$ 0.00 ^a	0.01 $\pm$ 0.00 ^a	0.01 $\pm$ 0.00 ^a	0.01 $\pm$ 0.001 ^a	0.01 $\pm$ 0.00 ^a
LT	0.78 $\pm$ 0.08 ^a	0.78 $\pm$ 0.08 ^a	0.78 $\pm$ 0.08 ^a	0.78 $\pm$ 0.08 ^a	0.78 $\pm$ 0.08 ^a	0.78 $\pm$ 0.08 ^a
Día 15						
PH	0.21 $\pm$ 0.02 ^a	0.23 $\pm$ 0.01 ^a	0.24 $\pm$ 0.03 ^a	0.25 $\pm$ 0.01 ^a	0.24 $\pm$ 0.02 ^a	0.20 $\pm$ 0.02 ^a
LT	1.72 $\pm$ 0.05 ^a	1.76 $\pm$ 0.06 ^a	1.82 $\pm$ 0.06 ^a	2.07 $\pm$ 0.06 ^b	1.82 $\pm$ 0.05 ^a	1.79 $\pm$ 0.05 ^a
Día 30						
PH	0.93 $\pm$ 0.08 ^a	1.26 $\pm$ 0.13 ^{ab}	1.37 $\pm$ 0.14 ^b	1.41 $\pm$ 0.19 ^b	1.22 $\pm$ 0.12 ^{ab}	1.39 $\pm$ 0.14 ^b
LT	2.95 $\pm$ 0.08 ^a	3.34 $\pm$ 0.12 ^a	3.00 $\pm$ 0.08 ^a	3.12 $\pm$ 0.09 ^a	3.10 $\pm$ 0.09 ^a	3.38 $\pm$ 0.08 ^a
Día 45						
PH	4.53 $\pm$ 0.28 ^{ab}	4.85 $\pm$ 0.27 ^{ab}	3.97 $\pm$ 0.29 ^{ab}	3.81 $\pm$ 0.23 ^b	4.17 $\pm$ 0.19 ^{ab}	4.86 $\pm$ 0.27 ^a
LT	5.18 $\pm$ 0.11 ^a	4.92 $\pm$ 0.10 ^a	4.90 $\pm$ 0.16 ^a	4.87 $\pm$ 0.11 ^a	5.72 $\pm$ 0.15 ^b	5.95 $\pm$ 0.13 ^b
Día 60						
PH	6.54 $\pm$ 0.50 ^a	9.96 $\pm$ 0.86 ^b	9.58 $\pm$ 0.55 ^b	9.77 $\pm$ 0.53 ^b	9.97 $\pm$ 0.55 ^b	10.89 $\pm$ 0.83 ^b
LT	6.03 $\pm$ 0.19 ^a	7.20 $\pm$ 0.22 ^{bc}	6.61 $\pm$ 0.12 ^{ab}	6.71 $\pm$ 0.11 ^{abc}	7.40 $\pm$ 0.14 ^c	6.94 $\pm$ 0.23 ^{bc}

Los superíndices con distinta letra en la misma fila indican diferencias significativas ($P < 0.05$). PH: Peso húmedo; LT: Longitud Total.). C = tratamiento control, FM20 = alimento comercial enriquecido con 20 mg de fluoximesterona, FM20+A = alimento comercial enriquecido con 20 mg fluoximesterona en conjunto con un aditivo comercial, A+FM20 = alimento comercial enriquecido con el aditivo comercial y posteriormente hormonado con 20 mg de fluoximesterona, FM5+A = alimento enriquecido con 5 mg de fluoximesterona en conjunto con un aditivo comercial, FM10+A = alimento enriquecido con 10 mg de fluoximesterona en conjunto con un aditivo comercial.

Los resultados obtenidos para los índices de crecimiento se encuentran contenidos en la Tabla 3. No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos y/o el grupo control para ninguno de los cuatro índices analizados a los 15 y 30 días. A los 45 días

el FC de los grupos FM5+A y FM10+A mostró valores significativamente ($P < 0.05$) más bajos en comparación con los grupos A+FM20, FM20 y el grupo control. No se observaron diferencias significativas entre el grupo FM20+A y el resto de los tratamientos o el grupo control. La TCD-p del grupo FM20+A mostró un valor significativamente más bajo ($P < 0.05$) en comparación con los grupos FM10+A y FM20. No se observaron diferencias entre el grupo control y los grupos suplementados con el aditivo comercial y/o fluoximesterona. Finalmente, la TCD-l registró diferencias significativas ($P < 0.05$), con los grupos FM5+A y FM10+A presentando valores significativamente más altos ($P < 0.05$) en comparación con los grupos FM20+A y FM20. El valor significativamente más bajo ($P < 0.05$) para la TCD-l se observó en el grupo FM20.

Para el día 60 la BG del grupo control registró un valor significativamente más bajo ($P < 0.05$) en comparación con la totalidad de los grupos tratados. No se observaron diferencias significativas entre los grupos que recibieron el aditivo comercial y/o la fluoximesterona. En lo que respecta al FC, los grupos FM20+A, A+FM20 y FM10+A registraron valores significativamente más altos ($P < 0.05$) que los observados en los grupos FM20 y FM5+A. La TCD-p del grupo control, al igual que la BG, registró el valor significativamente más bajo ($P < 0.05$) en comparación con los grupos que recibieron el aditivo comercial y/o la fluoximesterona. Por último, en cuanto a la TCD-l, los valores significativamente más bajos ($P < 0.05$) se observaron en el grupo control y el grupo FM10+A en comparación con el resto de los grupos tratados. No se observaron diferencias significativas entre los grupos FM20, FM5+A y los grupos A+FM20 y FM20+A.

Tabla 3. Biomasa ganada (BG), factor de condición (FC), tasa de crecimiento diario-peso (TCD-p) y tasa de crecimiento diario-longitud (TCD-l) obtenidos de alevines de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas con una combinación de fluoximesterona y un aditivo comercial a diferentes concentraciones y formas de preparación. Promedio $\pm$ error estándar. Promedio $\pm$ Desv. Standard.

	Tratamiento					
	C	FM20	FM20+A	A+FM20	FM5+A	FM10+A
Día 15						
BG	0.20 $\pm$ 0.03 ^a	0.22 $\pm$ 0.01 ^a	0.23 $\pm$ 0.05 ^a	0.24 $\pm$ 0.02 ^a	0.23 $\pm$ 0.03 ^a	0.19 $\pm$ 0.03 ^a
FC	4.62 $\pm$ 0.09 ^a	4.78 $\pm$ 2.31 ^a	3.65 $\pm$ 1.00 ^a	2.76 $\pm$ 0.70 ^a	4.02 $\pm$ 0.92 ^a	3.31 $\pm$ 0.98 ^a
TCD-p	0.0114 $\pm$ 0.002 ^a	0.015 $\pm$ 0.00 ^a	0.015 $\pm$ 0.004 ^a	0.016 $\pm$ 0.002 ^a	0.016 $\pm$ 0.003 ^a	0.013 $\pm$ 0.003 ^a
TCD-l	0.059 $\pm$ 0.006 ^a	0.065 $\pm$ 0.02 ^a	0.074 $\pm$ 0.016 ^a	0.089 $\pm$ 0.013 ^a	0.070 $\pm$ 0.003 ^a	0.070 $\pm$ 0.004 ^a
Día 30						
BG	0.76 $\pm$ 0.23 ^a	1.02 $\pm$ 0.05 ^a	1.08 $\pm$ 0.23 ^a	1.07 $\pm$ 0.04 ^a	1.04 $\pm$ 0.09 ^a	1.14 $\pm$ 0.40 ^a
FC	3.70 $\pm$ 1.11 ^a	3.48 $\pm$ 1.27 ^a	5.05 $\pm$ 1.51 ^a	4.93 $\pm$ 2.15 ^a	3.97 $\pm$ 0.53 ^a	3.62 $\pm$ 1.41 ^a
TCD-p	0.051 $\pm$ 0.017 ^a	0.068 $\pm$ 0.003 ^a	0.072 $\pm$ 0.015 ^a	0.071 $\pm$ 0.003 ^a	0.069 $\pm$ 0.006 ^a	0.076 $\pm$ 0.027 ^a
TCD-l	0.088 $\pm$ 0.007 ^a	0.108 $\pm$ 0.036 ^a	0.075 $\pm$ 0.039 ^a	0.064 $\pm$ 0.044 ^a	0.090 $\pm$ 0.011 ^a	0.102 $\pm$ 0.011 ^a
Día 45						
BG	3.30 $\pm$ 0.78 ^a	3.07 $\pm$ 0.43 ^a	2.37 $\pm$ 0.19 ^a	2.32 $\pm$ 0.43 ^a	2.76 $\pm$ 0.48 ^a	3.27 $\pm$ 0.34 ^a
FC	3.27 $\pm$ 0.26 ^a	3.86 $\pm$ 0.06 ^a	3.41 $\pm$ 1.40 ^{ab}	3.17 $\pm$ 0.29 ^a	2.28 $\pm$ 0.014 ^b	2.09 $\pm$ 0.17 ^b
TCD-p	0.193 $\pm$ 0.009 ^{ab}	0.224 $\pm$ 0.028 ^a	0.158 $\pm$ 0.012 ^b	0.163 $\pm$ 0.016 ^{ab}	0.196 $\pm$ 0.014 ^{ab}	0.217 $\pm$ 0.022 ^a
TCD-l	0.138 $\pm$ 0.012 ^{ab}	0.090 $\pm$ 0.009 ^c	0.107 $\pm$ 0.015 ^{bc}	0.137 $\pm$ 0.015 ^{ab}	0.165 $\pm$ 0.039 ^a	0.179 $\pm$ 0.009 ^a
Día 60						
BG	2.02 $\pm$ 0.70 ^a	5.10 $\pm$ 1.12 ^b	6.02 $\pm$ 0.54 ^b	5.87 $\pm$ 0.62 ^b	5.63 $\pm$ 0.98 ^b	5.97 $\pm$ 0.88 ^b
FC	2.66 $\pm$ 0.73 ^{ab}	2.19 $\pm$ 0.33 ^a	3.05 $\pm$ 0.27 ^b	3.01 $\pm$ 0.08 ^b	2.27 $\pm$ 0.58 ^a	2.96 $\pm$ 0.42 ^b
TCD-p	0.163 $\pm$ 0.033 ^a	0.306 $\pm$ 0.022 ^b	0.378 $\pm$ 0.023 ^b	0.392 $\pm$ 0.041 ^b	0.379 $\pm$ 0.037 ^b	0.389 $\pm$ 0.052 ^b
TCD-l	0.042 $\pm$ 0.006 ^a	0.165 $\pm$ 0.038 ^{bc}	0.150 $\pm$ 0.005 ^b	0.129 $\pm$ 0.009 ^c	0.124 $\pm$ 0.038 ^{bc}	0.054 $\pm$ 0.007 ^a

Los superíndices con distinta letra en la misma fila indican diferencias significativas ($P < 0.05$). C = tratamiento control, FM20 = alimento comercial enriquecido con 20 mg de fluoximesterona, FM20+A = alimento comercial enriquecido con 20 mg fluoximesterona en conjunto con un aditivo comercial, A+FM20 = alimento comercial enriquecido con el aditivo comercial y posteriormente hormonado con 20 mg de fluoximesterona, FM5+A = alimento enriquecido con 5 mg de fluoximesterona en conjunto con un aditivo comercial, FM10+A = alimento enriquecido con 10 mg de fluoximesterona en conjunto con un aditivo comercial.

8.2 Proporción de sexos y supervivencia final

Los resultados obtenidos para la proporción de sexos y supervivencia final se presentan en la Tabla 4. Se observó un porcentaje de machos que se desvía significativamente de la proporción de machos esperada (50%) en los tratamientos FM20, A+FM20 y FM10+A. En lo que respecta a la supervivencia final, solamente los tratamientos FM20 y A+FM20 mostraron diferencias significativas con respecto a la supervivencia observada en el grupo control.

Tabla 4. Proporción de sexos y supervivencia final (SF) de alevines de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas con una combinación de fluoximesterona y un aditivo comercial a diferentes concentraciones y formas de preparación.

Tratamiento	SF (%)	Machos (%)	Hembras (%)
C	88	53	47
FM20	82°	89*	11
FM20+A	86	66	34
A+FM20	94°	68*	33
FM5+A	88	65	35
FM10+A	90	71*	29

°Significativamente diferente ($P < 0.05$) del grupo control.

*Significativamente diferente ($P < 0.001$) del grupo control.

9. DISCUSIÓN

La fluoximesterona es una hormona cada vez más empleada a nivel comercial, debido a su facilidad de obtención y su potente acción desde concentraciones muy bajas. De acuerdo con Moreno–Enríquez *et al.* (2003), quienes reportaron 95% de masculinización en la tilapia del Nilo con fluoximesterona a una concentración de 5 mg/kg de alimento suministrada durante 35 días. Ramírez–Ochoa *et al.* (2023) reportaron que suministrar fluoximesterona durante 30 días a la misma concentración, produjo un 93% de machos. Por otro lado Villafuerte–Rincón (2008), reporta resultados del 100% de masculinización desde la tercera semana usando fluoximesterona en concentraciones de 20 mg. En el presente trabajo se emplearon alevines que aun contaban con su saco vitelino con el propósito de garantizar que la hormona suministrada alcanzara un nivel óptimo en la sangre antes de que se llevara a cabo diferenciación sexual. Sin embargo, los porcentajes de machos obtenidos fueron muy bajos en la mayoría de los tratamientos que recibieron la combinación andrógeno-aditivo comercial.

El tratamiento más exitoso fue el tratamiento FM20, que obtuvo un porcentaje de machos cercano al 90%. Por el contrario, en los tratamientos que recibieron el andrógeno y aditivo comercial se obtuvieron porcentajes muy bajos de masculinización, independientemente de la concentración del andrógeno o el orden en que el aditivo comercial fue adicionado. Los resultados observados apoyan la idea de que las diferencias en el porcentaje de machos obtenidos pudieron haber sido causadas por la ingestión diferencial de fluoximesterona y aditivo comercial. Al disminuir la ingestión de fluoximesterona por ingerir el aditivo comercial durante la etapa crítica de la reversión sexual, es posible que esto haya causado el descenso de los porcentajes de reversión

obtenidos, independientemente de la concentración utilizada. Durante la etapa lábil de la tilapia de Nilo es de vital importancia que los alevines consuman el andrógeno constantemente para aumentar los niveles en sangre y mantenerlos elevados durante los días que la reversión sexual es posible. Es por lo anterior, que para un revertir el sexo en la tilapia del Nilo, se recomienda alimentar cada una o dos horas, para mantener niveles adecuados del andrógeno en la sangre.

Por otro lado, aunque el aditivo comercial empleado durante el experimento se recomienda para todas las etapas del desarrollo de la tilapia del Nilo, su utilización durante el periodo de alevín, pudo haber provocado interferencia en el proceso de masculinización. Sin embargo, no existen reportes sobre su interacción con el andrógeno proporcionado durante la etapa de reversión sexual. Los estudios realizados describen sus efectos durante el periodo juvenil (Opiyo *et al.*, 2019) por lo general. En la etapa de alevín existen algunos estudios (Ibrahim *et al.*, 2012; Ortiz *et al.*, 2013; Salazar–Almeida & Flores–Vallejo, 2015; Tiengtam *et al.*, 2015; Boonanuntanasarn *et al.*, 2017; Zamora–Vera, 2020; Jo–Rivero & Espinoza, 2020; González, 2021) con resultados positivos, sin embargo, no reportan la interacción andrógeno-aditivo comercial. En este sentido, nuestro trabajo representa un primer acercamiento al entendimiento de la interacción andrógeno-aditivo comercial durante la etapa de reversión sexual de la tilapia del Nilo. En la actualidad las empresas que venden este tipo de productos no tienen idea de su efecto en esta etapa crítica y los productores que adquieren estos productos no están seguros si pueden ser empleados, por lo cual la información obtenida en el presente estudio será de gran valor para la toma de decisiones.

Al término del experimento se observó un mayor crecimiento en los tratamientos que recibieron el aditivo comercial y/o la fluoximesterona respecto del grupo control, lo cual puede ser resultado de una mejora en las funciones metabólicas y optimización de los procesos fisiológicos (Asencio–Alcudia, 2021) por parte del aditivo comercial. Nuestros resultados concuerdan con lo reportado por algunos autores como Verastegui & Fukushima, 2009 que utilizaron aditivos comerciales con ingredientes funcionales como la canela (*Cinnamomum verum*). Por el contrario, la fluoximesterona de acuerdo a trabajos previos (Moreno–Rodríguez., 2003; Torres–Hernández *et al.*, 2010; Ramírez–Ochoa *et al.*, 2023) no posee un efecto anabólico, como lo hace la 17 α -metiltestosterona (El-Saidy *et al.*, 2005; Abdelghany, 2010; Montoya–Toapanta, 2014; Hafeez–ur–Rehman *et al.*, 2014; Ajiboye, 2015; Urdiales–Vallejo, 2015). Pocos autores han observado un efecto positivo en el crecimiento al finalizar el proceso de reversión sexual con fluoximesterona (Manosroi *et al.*, 2004; Gutiérrez–Sigueros *et al.*, 2018). El crecimiento observado en el presente trabajo puede ser consecuencia del andrógeno suministrado en una concentración más alta (20 mg) o bien, el resultado del efecto estimulador del aditivo comercial sobre los parámetros de crecimiento.

En lo que respecta a los ingredientes utilizados en la elaboración del aditivo comercial, en algunos trabajos no han reportado un efecto positivo en el crecimiento de los organismos bajo cultivo, al evaluarse de manera individual. Un ejemplo, es el caso del prebiótico inulina que de acuerdo con lo reportado por Gastélum (2011) en dietas donde se empleó (2.5 g/kg de alimento) no mostró mejoras en el crecimiento de alevines de tilapia del Nilo, sin embargo, Contreras (2016) reportó que el coeficiente de digestibilidad aparente de la dieta fue significativamente mayor en los peces alimentados con la dieta que

contenía inulina al 1% mostrando que este aumento se relaciona con un aumento significativo en la actividad total de la tripsina y en la actividad específica de la lipasa en los organismos alimentados con el mismo prebiótico. Por su parte, Zamora–Vera (2020) reportó que la alimentación con diferentes mezclas de probióticos y prebióticos en larvas de *Oreochromis* spp. presentaron resultados positivos en el crecimiento de los tratamientos frente al control lo que coincide con diversos autores que trabajaron con alevines y aditivos (Ibrahim *et al.* 2012; Ortiz *et al.*, 2013; Salazar–Almeida & Flores–Vallejo, 2015; Tiengtam *et al.*, 2015; Jo–Rivero & Espinoza, 2020; González, 2021). Por otro lado, Ndong & Fall (2011) reportan que en dietas donde se les suministro ajo (*A. sativum*) al 1% de concentración no se observó un crecimiento significativo de los organismos bajo cultivo. Igualmente se tienen reportes de que el uso de ácido ascórbico no posee un efecto en el crecimiento de los organismos de cultivo (Pérez–López & Gómez–Zapata, 2015), sin embargo, Lim & Lovell (1987) mencionan que los peces son extremadamente sensibles a una deficiencia de ácido ascórbico, la cual puede resultar en una tasa de crecimiento reducida, deformidades físicas (escoliosis y lordosis) y resistencia reducida a infecciones. Yones *et al.* (2020) suplementó inulina a una dosis baja (0.25%) a la dieta de alevines tilapia del Nilo (*O. niloticus*) durante 90 días, obteniendo mejoras en el rendimiento de crecimiento, así como en los índices inmuno–hematológicos y en la estructura del hígado y el bazo. Por último, la canela (*C. verum*) contenida en la fórmula del aditivo comercial ha sido empleada con varios autores, los cuales reportan una mejoría en el desempeño productivo al usarla (Verastegui & Fukushima, 2009; Ortega, 2018).

Aunque el crecimiento observado pudo haber sido provocado por el andrógeno o los ingredientes del aditivo comercial empleado, Phelps & Popma (2000) sugieren que el

crecimiento mejorado de la tilapia del Nilo tratada con andrógenos se encuentra más relacionado con el crecimiento superior de los machos que con la respuesta anabólica relacionada con el aumento de la síntesis de proteínas y el aumento de músculo. Lo anterior podría explicar, al menos parcialmente los resultados obtenidos en el grupo FM20, el cual presentó el porcentaje de machos más alto y cuyo crecimiento final se compara al de los grupos que recibieron andrógeno más aditivo comercial.

El efecto positivo en el crecimiento por parte de la combinación de fluoximesterona en conjunto de un aditivo comercial y el uso individual de la fluoximesterona se pudo percibir al evaluar los índices de crecimiento. En cuanto a la biomasa ganada (BG) y la tasa de crecimiento diario en peso (TCD- p) se observaron valores más altos con respecto al grupo control en los grupos que recibieron el andrógeno y/o el aditivo comercial. La explicación para lo anterior, como ya se comentó previamente, puede estar ligada a la concentración de fluoximesterona utilizada y/o bien al efecto sobre el crecimiento del aditivo comercial utilizado. El cloruro de sodio que contiene el aditivo empleado, tiene la función de producir un incremento del apetito, lo cual puede haber contribuido a incrementar la ingesta de alimento y producir un mayor crecimiento, aun en los grupos donde se empleó una dosis de fluoximesterona baja (5 y 10 mg). El efecto del cloruro de sodio, más el efecto del resto de los ingredientes, pudo haber contribuido a los resultados observados en los parámetros de crecimiento ya que según lo reportado por Lim *et al.* (2006) la adición de cloruro de sodio posee un efecto beneficioso relacionado con una necesidad metabólica de iones de sodio y cloruro en un ambiente hipotónico donde la pérdida y la absorción ambiental de estos iones son los principales problemas.

Respecto al factor de condición (FC), es un parámetro de relación volumétrica del pez en función del peso, debido a que la longitud es una magnitud lineal y el peso es igual al cubo de la talla siendo un indicador del estado nutricional de los organismos con base en la cantidad de energía que tienen disponible para poder llevar a cabo las funciones de crecimiento, madurez y reproducción, indicando de manera general el estado de salud de las poblaciones cultivadas (Cifuentes *et al.*, 2012; Felipa *et al.*, 2016; Gupta *et al.*, 2012; Leyton *et al.*, 2015). Para la tilapia del Nilo y sus híbridos cultivados bajo condiciones óptimas se han reportado valores cercanos a 2.0 (Gupta *et al.*, 2012; Leyton *et al.*, 2015). El FC también puede ser implementado para evaluar el estado fisiológico de los peces bajo un estrés potencial (Cifuentes *et al.*, 2012), es la relación volumétrica en función del peso, permite no solo comparar peces de las mismas longitudes, sino también determinar el grado de bienestar o robustez, como puede ocurrir en los alevines del tilapia del Nilo alimentados con un andrógeno. En nuestro trabajo, los valores de FC observados en los tratamientos a los cuales se les suministro el aditivo comercial tuvieron mayores valores en el FC, lo cual puede ser resultado del peso húmedo y longitud total significativamente mayor en los grupos que recibieron fluoximesterona en combinación del aditivo comercial.

En lo que respecta a la supervivencia final, los valores más bajos se observaron en el tratamiento FM20 en comparación con el grupo control. La adición del aditivo comercial mostró un efecto positivo en la supervivencia de los organismos bajo cultivo. Su adición permitió reducir los efectos negativos del andrógeno sobre la supervivencia como los mencionados por otros autores que han reportado tasas de supervivencia aún más bajas que las obtenidas en el presente trabajo, las cuales van desde el 24 al 83% para los grupos expuestos a andrógenos similares (Carranza, 1990; Pérez, 2002; López *et al.*, 2007; Cerritos

et al., 2008; Vidal *et al.*, 2010; Botero *et al.*, 2010; Pinza, 2014; Fukushima–Nagaoka *et al.*, 2016). Aunque la fluoximesterona no es considerada un andrógeno con efectos negativos fuertes en la supervivencia, nuestro trabajo mostró que a concentraciones de 20 mg por kg reduce la supervivencia final. En lo que respecta al aditivo comercial, Opiyo *et al.* (2019) y Curbelo *et al.* (2017) reportan una mejoría en la supervivencia final de alevines empleados, lo que coincide con lo reportado por Zamora-Vera (2020) el cual menciona que la adición de probióticos en la dieta de la tilapia puede influir positivamente en la supervivencia, reduciendo el efecto de los factores de estrés, lo que se ve reflejado en el desempeño productivo. De igual forma, diversos autores reportan efectos positivos en la supervivencia y salud de los organismos bajo cultivo al suplementar aditivos comerciales (Asencio–Alcudia, 2021; Contreras, 2016; Immanuel, 2009; Tiengtam *et al.*, 2015; Jo–Rivero & Espinoza, 2020; George *et al.*, 2007).

Los ingredientes incluidos en la fórmula del aditivo comercial han sido señalados como estimuladores de la supervivencia. Autores como Gutiérrez-Dagnino *et al.* (2015) reportaron que el uso de inulina en la alimentación de organismos acuáticos presentó una mejora en la supervivencia. Por otro lado Gastélum (2011) reportó que obtuvo una supervivencia del 100% empleando inulina y otros aditivos en tilapia del Nilo. En trabajos utilizando otras especies acuícolas Partida–Arangure (2009) demostraron los beneficios de la inulina, probióticos bacilos, bacterias ácido lácticas y levaduras mostrando que causan la inmunoestimulación, mejorando de esta manera la supervivencia y el crecimiento. Adicionalmente, Ibrahim *et al.* (2012) reportan que el porcentaje de supervivencia aumentó significativamente en el grupo experimental que recibió una combinación de ácido ascórbico e inulina durante el periodo experimental (uno y dos meses). En lo que respecta

al ácido ascórbico, diversos autores le adjudican al ácido ascórbico un efecto positivo en la supervivencia de ejemplares de tilapia del Nilo (Xie *et al.*, 2006; Dallos–Rodríguez 2007; Tewary *et al.*, 2008; Contreras, 2016).

9.1 Uso individual de los aditivos

El uso individual de aditivos en dietas para acuicultura, ha sido ampliamente investigado en estudios previos (Bai *et al.*, 2015). Sin embargo, el suministro individual de aditivos, no siempre produce los resultados esperados. Un ejemplo, es el caso del prebiótico inulina, que de acuerdo con lo reportado por Gastélum (2011) en dietas donde se empleó (2.5 g/kg de alimento) no mostró mejorías en el crecimiento de alevines de tilapia del Nilo. En contraste, Enciso–Contreras (2016) reportó que el coeficiente de digestibilidad aparente de la dieta fue significativamente mayor en los peces alimentados con la dieta que contenía inulina al 1%. Demostrando así que este aumento se relaciona con un aumento significativo en la actividad total de la tripsina y en la actividad específica de la lipasa en los organismos alimentados con el mismo prebiótico.

9.2 Uso combinado de aditivos / “blend de aditivos”.

A pesar de que el uso individual de aditivos ha demostrado efectos positivos en cuanto a crecimiento, está comprobado que su uso combinado, mediante “blends” o mezcla de aditivos, proporciona mejores resultados (Bai *et al.*, 2015). Una manera de potencializar, los efectos de los aditivos, es mediante el uso de “blends” o mezclas de los mismos (Rodríguez–Estrada *et al.*, 2013). Zamora–Vera (2020) reportó que las dietas suplementadas con diferentes mezclas de probióticos y prebióticos en juveniles de tilapia, presentaron mejores resultados en el crecimiento de los grupos experimentales alimentados con dietas suplementadas con una mezcla de aditivos, comparado con aquellos presentes en

los organismos alimentados con dietas suplementadas con aditivos individuales y con aquellos del grupo control. La misma tendencia, ha sido demostrada en trabajos hechos con alevines (Ibrahim *et al.* 2012; Ortiz *et al.*, 2013; Salazar–Almeida & Flores–Vallejo, 2015; Tiengtam *et al.*, 2015; Jo–Rivero & Espinoza, 2020; González–Cobián, 2021).

En el presente estudio, aunque el crecimiento observado pudo haber sido provocado por el andrógeno en combinación con el aditivo BIOprotec, Aquanu3, existen reportes anteriores que afirman que los andrógenos tienen la capacidad para incrementar significativamente el crecimiento de los peces experimentales. Ejemplo de ello, es el estudio de Phelps & Popma (2000), quienes sugieren que el crecimiento mejorado de la tilapia del Nilo tratada con andrógenos se encuentra más relacionado con el crecimiento superior de los machos que con la respuesta anabólica relacionada con el aumento de la síntesis de proteínas y el aumento de músculo. Lo anterior podría explicar, al menos parcialmente, los resultados obtenidos en el grupo FM20, el cual presentó el porcentaje de machos más alto y cuyo crecimiento final se compara al de los grupos que recibieron andrógeno más BIOprotec, Aquanu3®.

El efecto positivo en el crecimiento por parte de la combinación de fluoximesterona en conjunto con BIOprotec, Aquanu3® y el uso individual de la fluoximesterona se pudo determinar al evaluar los índices de crecimiento. En cuanto a la BG y la TCD–p, se observaron valores más altos en los grupos que recibieron el andrógeno y BIOprotec, Aquanu3®, comparado con aquellos resultados mostrados en C. La explicación para lo anterior, podría estar ligada a la concentración de fluoximesterona utilizada y/o bien, al efecto sobre el crecimiento del aditivo BIOprotec, Aquanu3. Ahora bien, es importante resaltar que, este “blend” utilizado, contiene cloruro de sodio. El cloruro de sodio *per sé*,

tiene la función de producir un incremento del apetito (Reilly & Trifunovic, 2000), lo cual puede haber contribuido a incrementar la ingesta de alimento y producir un mayor crecimiento, aun en los grupos donde se empleó una dosis de fluoximesterona baja (5 y 10 mg). Adicionalmente, según lo reportado por Lim *et al.* (2006), la adición de cloruro de sodio, posee un efecto benéfico relacionado con una necesidad metabólica de iones de sodio y cloruro en un ambiente hipotónico donde la pérdida y la absorción ambiental de estos iones son los principales problemas.

9.1 Fluoximesterona y reversión sexual

La fluoximesterona es una hormona cada vez más empleada a nivel comercial, debido a su facilidad de obtención y su potente acción desde concentraciones muy bajas. Moreno–Enriquez *et al.* (2003) reportó 95% de masculinización en la tilapia del Nilo con fluoximesterona a una concentración de 5 mg/kg de alimento suministrada durante 35 días. Ornelas–Luna *et al.* (2017) y Ramírez–Ochoa *et al.* (2023) concluyeron en la misma especie que suministrando fluoximesterona durante 30 días a la misma concentración, se logra un 93% de machos. Por otro lado, Villafuerte–Rincón (2008) reporta resultados del 100% de masculinización desde la tercera semana usando fluoximesterona en concentraciones de 20 mg. En el presente trabajo se emplearon alevines que aun contaban con su saco vitelino con el propósito de garantizar que la hormona suministrada alcanzara un nivel óptimo en la sangre antes de que se llevara a cabo diferenciación sexual. Sin embargo, los porcentajes de machos obtenidos fueron muy bajos en la mayoría de los tratamientos que recibieron la combinación andrógeno–aditivo comercial.

El tratamiento más exitoso desde un punto de vista comercial (tomando en cuenta que el porcentaje obtenido fue mayor a 90% de machos) fue el tratamiento FM20, que

obtuvo un porcentaje de machos cercano al 90%. Por el contrario, en los tratamientos que recibieron el andrógeno y el BIOprotec, Aquanu3[®] se obtuvieron porcentajes muy bajos de masculinización, independientemente de la concentración del andrógeno o el orden en que BIOprotec, Aquanu3[®] fue adicionado. Al disminuir la ingestión de fluoximesterona por ingerir el BIOprotec, Aquanu3[®] durante la etapa crítica de la reversión sexual, es posible que esto provocará el descenso de los porcentajes de reversión obtenidos, independientemente de la concentración utilizada. Durante la etapa lábil de la tilapia de Nilo es de vital importancia que los alevines consuman el andrógeno constantemente para aumentar los niveles en sangre y mantenerlos elevados durante los días que la reversión sexual es posible (Karaket *et al.*, 2023). Es por lo anterior, que para revertir el sexo en la tilapia del Nilo, se recomienda alimentar cada dos horas, para mantener niveles adecuados del andrógeno en la sangre (El-greisy & El-Gamal, 2012).

9.2 BIOprotec, Aquanu3[®] y reversión sexual.

Aunque BIOprotec, Aquanu3[®], empleado durante el experimento, se recomienda para todas las etapas del desarrollo de la tilapia del Nilo, su utilización durante el periodo de alevín, pudo haber provocado interferencia en el proceso de masculinización. Al disminuir la ingestión de fluoximesterona por ingerir el aditivo comercial durante la etapa crítica de la reversión sexual, es posible que esto provocará el descenso de los porcentajes de reversión obtenidos, independientemente de la concentración utilizada. Durante la etapa lábil de la tilapia de Nilo es de vital importancia que los alevines consuman el andrógeno constantemente para aumentar los niveles en sangre y mantenerlos elevados durante los días que la reversión sexual es posible. Es por lo anterior, que para un revertir el sexo en la tilapia del Nilo, se recomienda alimentar cada dos horas, para mantener niveles adecuados

del andrógeno en la sangre. Estudios previos, concluyeron que, el uso de aditivos para dietas acuícolas, también confieren efectos productivos benéficos para los peces en su período de alevín, e incluso durante el proceso de hormonado (Opiyo *et al.*, 2019). Sin embargo, no existen reportes sobre su interacción con el andrógeno proporcionado durante la etapa de reversión sexual. En la etapa de alevín existen algunos estudios (Ibrahim *et al.* 2012; Ortiz *et al.*, 2013; Salazar–Almeida & Flores–Vallejo, 2015; Tiengtam *et al.*, 2015; Zamora–Vera, 2020; Jo–Rivero & Espinoza, 2020; González–Cobián, 2021) con resultados positivos. En este sentido, nuestro trabajo representa un primer acercamiento al entendimiento de la interacción andrógeno–aditivo comercial durante la etapa de reversión sexual de la tilapia del Nilo.

En la actualidad, a pesar de que la industria, tiene conocimiento suficiente respecto a los efectos en cuando al uso de aditivos suplementados de manera individual o en forma de “blends”, las empresas comercializadoras, aún no han determinado los efectos específicos de aditivos en la etapa de alevinaje de tilapia, *O. niloticus*. En este punto, es importante resaltar que, este tipo de conocimientos son de gran valor, para la toma de decisiones al momento de hacer negocios.

9.3 Crecimiento.

Al término del experimento se observó un mayor crecimiento en los tratamientos que recibieron el BIOprotec, Aquanu3[®] y/o la fluoximesterona, comparado con aquel presente en el grupo control. Lo cual podría ser atribuido a una mejora en las funciones metabólicas y optimización de los procesos fisiológicos (Asencio–Alcudia, 2021) por parte de BIOprotec, Aquanu3[®] y fluoximesterona. En la presente investigación, se usó BIOprotec, Aquanu3[®] el cual es un “blend” (mezcla) de aditivos conteniendo aceites esenciales,

prebióticos (inulina), vitamina C, ajo (*Allium sativum*), canela (*Cinnamomum verum*) y cloruro de sodio. A éste respecto, es importante mencionar que, el aditivo *per sé*, aun cuando se suplementa en manera individual en las dietas para acuicultura, es capaz de producir resultados positivos en cuanto a crecimiento. Verastegui & Fukushima (2009) y Ortega (2018), demostraron los beneficios de utilizar aditivos comerciales formulados a base de la canela (*Cinnamomum verum*). Ndong & Fall (2011) estudiaron los efectos del ajo (*A. sativum*) al 1% de concentración en el crecimiento de los organismos acuáticos bajo cultivo. Ahora bien, a pesar de que otros tipos de aditivos como el ácido ascórbico (o vitamina C), no tienen efectos en el crecimiento de los organismos de cultivo (Pérez-López & Gómez-Zapata, 2015), se tiene reportado que su deficiencia resulta en tasas de crecimiento bajas y deformidades físicas (escoliosis y lordosis) (Lim & Lovell, 1987). Ibrahim *et al.* (2012) suplementó inulina a una dosis baja (0.25%) a la dieta de alevines tilapia del Nilo (*O. niloticus*) durante 90 días, obteniendo mejoras en el rendimiento de crecimiento, así como en los índices inmuno-hematológicos y en la estructura del hígado y el bazo.

Ahora bien, el uso de hormonas en peces también ha sido ampliamente investigado, no solamente en cuanto a reproducción y reversión sexual, sino que también, como promotoras de crecimiento (Moreno-Enriquez *et al.*, 2003; Torres-Hernández *et al.*, 2010; Ornelas-Luna *et al.*, 2017), llegándose a la conclusión que la fluoximesterona, a pesar de que no posee un efecto anabólico, como lo hace la 17 α -metiltestosterona (El-Saidy *et al.*, 2005; Abdelghany, 2010; Montoya-Toapanta, 2014; Hafeez-ur-Rehman *et al.*, 2014; Ajiboye, 2015; Urdiales-Vallejo, 2015), se ha reportado un efecto positivo en cuanto al crecimiento al finalizar el proceso de reversión sexual con éste andrógeno (Manosroi *et al.*, 2004; Gutiérrez-Sigueros *et al.*, 2018). La mejora en el crecimiento observado en el

presente estudio puede ser consecuencia de uno de los siguientes dos factores: 1) a la administración más alta del andrógeno (20 mg) o 2) al efecto estimulador del crecimiento de BIOprotec, Aquanu3[®].

Los parámetros de crecimiento, tales como BG, FC, TCD-p y TCD-l, son indicadores básicos, para determinar los efectos positivos o negativos de la dieta consumida (y sus ingredientes) en el pez que los consume (Gatlin III, 2010). Estos parámetros, representan el crecimiento en cuanto a la relación volumétrica del pez en función del peso. Estos cálculos se derivan del hecho de que la longitud como magnitud lineal y el peso son igual al cubo de la talla. Los parámetros del crecimiento, son indicadores del estado nutricional de los organismos con base en la cantidad de energía que tienen disponible para poder llevar a cabo las funciones de crecimiento, madurez y reproducción, indicando de manera general el estado de salud de las poblaciones cultivadas (Cifuentes, *et al.*, 2012; Felipa *et al.*, 2016; Gupta *et al.*, 2012; Leyton *et al.*, 2015). Los parámetros de crecimiento utilizados en el presente estudio, también pueden ser implementado para evaluar el estado fisiológico de los peces bajo un estrés potencial (Cifuentes *et al.*, 2012), como puede ocurrir en los alevines de tilapia del Nilo alimentados con un andrógeno (Gupta *et al.*, 2012; Leyton *et al.*, 2015). En nuestro trabajo, los valores de BG, FC TCD-p y TCD-l, observados en los tratamientos a los cuales se les suministro el BIOprotec, Aquanu3[®] tuvieron mayores valores, indicando con esto que, los tratamientos se desarrollaron en óptimas condiciones y que el uso de fluoximesterona en combinación con el aditivo BIOprotec, Aquanu3[®], administrado no alteró el equilibrio metabólico o provocó una disminución de las reservas energéticas de los peces.

9.4 Supervivencia

La supervivencia en estudios de nutrición es un indicador importante, que nos ayuda a identificar si el estado de salud en general, está siendo mermado o mejorado por las dietas experimentales y los ingredientes o aditivos contenidos en las mismas (Gatlin, 2010). Autores como Gutiérrez–Dagnino *et al.* (2015) reportaron que el uso de inulina en la alimentación de organismos acuáticos presentó una mejora en la supervivencia. Por otro lado Gastélum (2011) reportó que obtuvo una supervivencia del 100% empleando inulina y otros aditivos en tilapia del Nilo. En un trabajo conducido y utilizando otras especies acuícolas, Partida–Arangure (2009) demostraron los beneficios, en cuanto a respuesta inmune, supervivencia y crecimiento, de la inulina, probióticos bacilos, bacterias productoras del ácido láctico y levaduras, cuando son adicionados en dietas acuícolas. Adicionalmente, Ibrahim *et al.* (2012) reportaron que el porcentaje de supervivencia aumentó significativamente en el grupo experimental que recibió una combinación de ácido ascórbico e inulina durante el periodo experimental (uno y dos meses, respectivamente). Diversos autores le adjudican al ácido ascórbico un efecto positivo en la supervivencia de ejemplares de tilapia del Nilo (Xie *et al.*, 2006; Dallos–Rodríguez 2007; Tewary *et al.*, 2008; Enciso–Contreras, 2016). En el presente estudio, los valores más bajos, en cuanto a supervivencia, se observaron en el tratamiento con ausencia de BIOprotec, Aquanu3[®] (y por lo tanto, sin ácido ascórbico añadido) en el grupo experimental FM20, en comparación con el grupo control. De manera general, la adición de BIOprotec, Aquanu3[®] mostró un efecto positivo en la supervivencia de los organismos experimentales. Adicionalmente, su adición permitió reducir los efectos negativos del andrógeno sobre la supervivencia. Así

como los mencionados por otros autores que han reportado tasas de supervivencia aún más bajas que las obtenidas en el presente trabajo. Las cuales van desde el 24 al 83% para los grupos expuestos a andrógenos similares (Carranza, 1990; Pérez, 2002; López *et al.*, 2007; Miranda–Cerritos *et al.*, 2008; Vidal *et al.*, 2010; Botero, *et al.*, 2010; Pinza–Pinza, 2014; Fukushima–Nagaoka *et al.*, 2016). Aunque la fluoximesterona no es considerada un andrógeno con efectos negativos significantes que comprometan la supervivencia de la tilapia, nuestro trabajo observó que a concentraciones de 20 mg por kg se reduce la supervivencia final, cuando en la dieta no se adiciona BIOprotec, Aquanu3[®]. Lográndose el efecto contrario, cuando hay presencia en la dieta de BIOprotec, Aquanu3[®]. Opiyo *et al.* (2019) y Curbelo *et al.* (2017) reportan una mejoría en la supervivencia final de alevines de tilapia experimentales cuando son alimentados con dietas suplementadas con aditivos. Lo que coincide con lo reportado por Zamora–Vera (2020) quien menciona que la adición de probióticos en la dieta de la tilapia, durante el hormonado, influye positivamente en la supervivencia, reduciendo el efecto de los factores de estrés, lo que se ve reflejado en el desempeño productivo. Otras investigaciones, también reportan efectos positivos en la supervivencia y salud de los organismos bajo cultivo al suplementar aditivos comerciales en estados larvales de organismos acuáticos (Asencio–Alcudia, 2021; Enciso–Contreras, 2016; Immanuel, 2009; Tiengtam *et al.*, 2015; Jo–Rivero & Espinoza, 2020; John *et al.*, 2007). Por lo tanto, se concluye que, en el presente estudio, los ingredientes incluidos en la fórmula de BIOprotec, Aquanu3[®] han sido señalados como promotores de la supervivencia.

10. CONCLUSIONES

- 1.- El uso de BIOprotec, Aquanu3[®] durante el periodo de reversión sexual tiene un efecto negativo en la proporción de machos obtenida, independientemente de la concentración de fluoximesterona empleada.
- 2.- El empleo de BIOprotec, Aquanu3[®] durante el periodo de alevinaje tiene un efecto positivo en la supervivencia al final, cuando éste “blend” se agrega antes de la fluoximesterona. En general, el uso de BIOprotec, Aquanu3[®], no afecta negativamente la supervivencia de alevines de tilapia durante el proceso de hormonado.
- 3.- BIOprotec, Aquanu3[®], presenta efectos significativos durante el proceso de alevinaje, a partir de los 30 días, respecto a PH, y a partir de los 45 días, en cuanto a LT.
- 4.- BIOprotec, Aquanu3[®], presenta efectos significativos durante el proceso de alevinaje, a partir de los 45 días, respecto a FC, TCD-p y TCD-l y a partir de los 60 días, respecto a BG.

LITERATURA CITADA

- Abdelghany, A. E. (2010). Effects of Feeding 17 α -methyltestosterone and withdrawal on feed utilization and growth of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L., fingerlings. *Journal of Applied Aquaculture*, 5(3), 67-76.
https://doi.org/10.1300/J028v05n03_07
- Ajiboye, O. Okinji, V., & Yakubu, A. F. (2015). Effect of Testosterone-induced Sex Reversal on the Sex Ratio, Growth Enhancement and Survival of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Fed Coppens and Farm Produced Feed in a Semi Flow-through Culture System. *Fisheries and Aquaculture Journal*, 6(2), 123 p.
<http://dx.doi.org/10.4172/2150-3508.10000123>
- Alcántar-Vázquez, J. P., Santos-Santos, C., Moreno-de la Torre, R., & Antonio-Estrada, C. (2014). *Manual para la producción de supermachos de tilapia del Nilo (Oreochromis niloticus)*. Loma Bonita, Oaxaca: Sistema de Universidades Estatales de Oaxaca y Universidad del Papaloapan. 81 p. ISBN: 978-607-96428-0-8
- Almeida, J. (2014). Reversión sexual de tilapia roja (*Oreochromis niloticus*), utilizando dos tipos de andrógenos comerciales y un testigo (androil y proviron). (*Tesis de Licenciatura*). Universidad Técnica de Machala, Ecuador, 51 p.
- Amado, J. A., & Flores, J. (2013). *Hormonas sexuales: estrógenos, gestágenos, andrógenos y anticonceptivos hormonales*. Barcelona: Masson, 887-991 p.
<https://www.yumpu.com/es/document/read/13461282/hormonas-sexuales-estrogenos-gestagenos-androgenos-y->

- Amado, J. A., & Flores, J. (2014). Hormonas sexuales: estrógenos, gestágenos, andrógenos y anticonceptivos hormonales. *In Farmacología humana*, 803-823 p.
<https://www.yumpu.com/es/document/read/13461282/hormonas-sexuales-estrogenos-gestagenos-androgenos-y->
- Anasi–Pachacama, L. (2015). Influencia de alimentación hormonal en la reversión sexual y crecimiento de tilapia roja (*Oreochromis* spp). (*Tesis de Licenciatura*). Escuela Politécnica Nacional, Centro Piscícola Nanegal, 174 p.
- Arboleda–Obregón D. A. (2005). Reversion sexual de las tilapias Rojas (*Oreochromis* Sp), una guía básica para el acuicultor. *Revista Electrónica de veterinaria*, 6(12), 1–5.
https://www.researchgate.net/publication/26423810_Reversion_sexual_de_las_Tilapias_Roja_Oreochromis_Sp_una_guia_basica_para_el_acuicultor
- Arias–Rodríguez, L., & Páramo–Delgadillo, S. (2001). Biotecnología cromosómica en peces: producción de peces ginogenéticos, androgenéticos y clones. *Kuxulkab'*, 12, 1-11 p. <https://es.scribd.com/document/420502362/BIOTECNOLOGIA-CROMOSOMICA-EN-PECES-II-pdf>
- Asencio–Alcudia, G. G. (2021). Efecto del uso de aditivos alimentarios funcionales en peces de importancia comercial (*Seriola rivoliana*, *Argyrosomus regius*, *Atractosteus tropicus*). (*Tesis Doctoral*). Centro de Investigaciones Biologicas del Noreste S.C., Baja California Sur, 68.
- Bai, S. C., Katya, K., & Yun, H. (2015). Additives in aquafeed: An overview. *Feed and Feeding Practices in Aquaculture*, 171–202. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100506-4.00007-6>

- Bosscher, D., Van Loo, J., & Franck, A. (2006). Inulin and oligofructose as functional ingredients to improve bone mineralization. *International Dairy Journal*, 16(9), 1092–1097. <https://doi.org/10.1016/j.idairyvi.2005.10.028>
- Botero, M. C., Pineda, J. C. & Gallego, N. (2011). Inmersión de ovas de tilapia roja (*Oreochromis spp*) en diferentes estadios de fertilización en una solución de 17 alfametilttestosterona y la proporción fenotípica del sexo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 24(1), 38–47. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902011000100006
- Cantor, F. (2007). *Manual de producción de tilapia*. Puebla: Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla, 12–22 p.
- Carbone, D., & Faggio, C. (2016). Importance of prebiotics in aquaculture as immunostimulants. Effects on immune system of *Sparus aurata* and *Dicentrarchus labrax*. *Fish & Shellfish Immunology*, 54, 172–178 p. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2016.04.011>
- Carranza, N. O. 1990. *Utilización de la hormona 17alpha metilttestosterona para el reverso del sexo en Tilapia (Oreochromis niloticus)*. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Región paracentral centro de investigación y Desarrollo Pesquero Santa Cruz Porrillo, El Salvador, 16 p.
- Cavichiolo, F., Vargas, L., Ribeiro, R. P., Moreira, H. L., & Leonardo, J. M. (2002). Efeito da suplementação de vitamina C e vitamina E na dieta, sobre a ocorrência de ectoparasitas, desempenho e sobrevivência em larvas de tilápia do Nilo

- (*Oreochromis niloticus* L.) durante a reversão sexual. *Acta Scientiarum*, 24, 957–964. <http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v24i0.2444>
- Ceulemans, S., Coutteau, P., & Robles, R. (2009). Innovative feed additives improve feed. *Global aquaculture advocate.*, 63–65. <https://www.globalseafood.org/advocate/innovative-feed-additives-improve-feed-utilization-nile-tilapia/>
- Cifuentes, R., González, J., Montoya, G., Jara, A., Ortiz, N., Piedra, P., & Habit, E. (2012). Relación longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro (cuenca del río Valdivia, Chile). *Gayana (Concepción)*, 76(1), 101–110 p. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-65382012000100009>
- Cnaani, A., & Hulata, G. (2008). Tilapias. In T. Kocher, & C. Kole, *Genome Mapping and Genomics in Fishes and Aquatic Animals* (2, 101-116 p.). Heidelberg: Springer Berlin. https://www.doi.org/10.1007/978-3-540-73837-4_4
- CONAPESCA. (2020). Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2020. México: CONAPESCA, 291 p.
- Conroy, G. (2005). *Importantes enfermedades detectadas en tilapias cultivadas en América Central y del Sur*. Costa Rica: Pharma-Fish SRL, 1-2 p. https://www.ciabcr.com/charlas/jornadaacuicola/8_Enfermedades_en_Tilapias_Cultivadas_en_las_Americas.pdf
- Corzo, N., Alonso, J. L., Azpiroz, F., Calvo, M. A., Cirici, M., Leis, R., Lombó, F., Mateos-Aparicio, Plou, F. J., Ruas-Madiedo, P., Ruperez, P., Redondo-Cuenca, A., Sanz, M., & Clemente, A. (2015). Prebióticos; concepto, propiedades y efectos

beneficiosos. *Nutrición Hospitalaria*, 31(1), 99–118.

<https://digital.csic.es/handle/10261/113154>

Curbelo, G. Y., Iglesias J. L., Pérez T. J., Dorta, A. N., Salabarría, B R., Yoslaydi F, A., & Villafranca H, M. (2017). Efecto prebiótico de fructanos de Agave fourcroydes en indicadores productivos de alevines de tilapias del Nilo GIFT (*Oreochromis niloticus*). *Livestock Research for Rural Development*, (29–1), 1–8.

<http://www.lrrd.org/lrrd29/1/curb29008.html>

Dallos–Rodríguez, J. P. (2007). Efecto de la suplementación con ácido ascórbico sobre el crecimiento, y la supervivencia de alevinos de tiburoncito, *Hexanematichthys seemanni*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, 38–41 p.

<https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/1175/T782.pdf>

Dawood, M. A., Koshio, S., & Esteban, M. Á. (2018). Beneficial roles of feed additives as immunostimulants in aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture*, 10(4), 950–974. <https://doi.org/10.1111/raq.12209>

Daza, P. V., Parra, M. L., & Ochoa, A. S. (2005). *Reproducción de los peces en el trópico*. Bogotá, Colombia: INCODER (Instituto Colombiano del Desarrollo Rural Subgerencia de pesca y Acuicultura), 151–152.

<https://es.scribd.com/document/246013649/Reproduccion-Peces-del-Tropico>

El–Greisy, Z. A., & El–Gamal, A. E. (2012). Monosex production of tilapia, *Oreochromis niloticus* using different doses of 17 α –methyltestosterone with respect to the degree

- of sex stability after a year of treatment. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 38(1), 59–66. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2012.08.005>
- El-Saidy, S. D., Gaber, M. M., & Abd-Elshafi, A. S. (2005). Evaluation of Cluster Bean Meal *Cyamopsis fefrugonoloba* as a dietary protein source for common carp *Cyprinus carpio* L. *Journal of the World Aquaculture Society*, 36(3), 311–319. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2005.tb00335.x>
- Enciso-Contreras, E. (2016). Efecto de la suplementación en dieta de la inulina, el β glucano y el quitosano sobre la capacidad digestiva y la inmunidad no específica de la totoaba (*Totoaba macdonaldi*). (Tesis de Maestría). Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, Ensenada, Baja California, 37–38 p. <http://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1007/1349>
- Enríquez, A. R., Sosa, I., & Arredondo, J. L. (2004). Producción de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) masculinizada con hormonas fluoximesterona en sistemas cerrados de recirculación. *Planta Experimental de Producción Acuícola*. Universidad de Zaragoza, II Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura, 77–87.
- FAO. (2020). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)*, 243 p. Retrieved from la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

- Felipa, G., Blas, W., & Alcántara, F. (2016). Relación longitud–peso, factor de condición y tabla estándar del peso de mil alevinos de gamitana riados en estanques artificiales. *Folia Amazonia*, 20(1), 17–24. <http://dx.doi.org/10.24841/fa.v25i1.379>
- Fotedar, R., & Phillips, B. (2011). *Recent Advances and New Species in Aquaculture*. John Wiley & Sons. Blackwell Publishing Ltd. Iowa, USA, 319-333 p. <https://www.doi.org/10.1002/9781444341775>
- Franco, F., turbide, K., Nájera, A., & Rivas, G. (2011). *Evaluación de la productividad de la Tilapia (Oreochromis niloticus) alimentada con extracto de ajo (Allium sativum L.)*. Guatemala: Centro de Estudios del Mar y Acuicultura de San Carlos, 32–33.
- Fukushima–Nagaoka, M. M., Calderón, R. A., Castillo–Castillo, G. A., Calderón–Deza, C., Shimokawa–Shiguiyama, L. A., & Fukushima–Shimabukuro, J. M. (2016). Adaptación de nuevas tecnologías para implementación del módulo demostrativo en el cultivo de tilapia en la libertad. *Scientia Agropecuaria*, 7(3): 321–331. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.03.21>
- Gastélum, C. & Abraham, L. (2011). Efecto de prebióticos y microorganismos con potencial probiótico en el crecimiento y supervivencia de la tilapia *Oreochromis niloticus*, cultivada en condiciones experimentales. (*Tesis de Maestría*). Instituto Politécnico Nacional, Sinaloa, 35–40 p. <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/13110>
- Gatlin, D. M. III. 2010. Principles of fish nutrition. In: Southern Regional Aquaculture Center (SRAC) Publication No. 5003.

<https://southcenters.osu.edu/sites/southc/files/site-library/site-documents/abc/SRACPrinciplesOfNutrition.pdf>

- González–Cobián, L. N. (2021). Suplementación al alimento de y/o inulina para conocer Totoaba macdonaldi con dos flavonoides su efecto en el rendimiento general del pez, índices somáticos y actividad de enzimas digestivas. (*Tesis de Maestría*). Universidad Autónoma de Baja California, Tijuana, Baja California, 41-45. <https://repositorioinstitucional.uabc.mx/handle/20.500.12930/8937?&locale=es>
- Guerrero, III, R. D. (1975). Use of androgens for the production of all-male Tilapia aurea (Steindachner). *Transactions of the American Fisheries Society*, 104(2), 342–348. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1975\)104%3C342:UOAFTP%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1975)104%3C342:UOAFTP%3E2.0.CO;2)
- Guerrero, III , R. D., & Shelton, W. L. (1974). An Aceto–Carmine Squash Method for Sexing Juvenile Fishes. *The Progressive Fish-Culturist*, 56–64. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1974\)36\[56:AASMFS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1974)36[56:AASMFS]2.0.CO;2)
- Guevara, J. (2011). *Probióticos en nutrición animal*. Perú: Sistema de revisiones en investigación veterinaria de San Marcos (Srivs). Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 1-10.
- Gupta, N., Haque, M. M., & Khan, M. (2012). Growth performance of tilapia fingerling in cage in ponds managed by Adivasi households: An assessment through length-weight relationship. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*, 10(1), 149–155. <http://dx.doi.org/10.3329/jbau.v10i1.12107>
- Gutiérrez–Dagnino, A., Luna–González, A., Fierro–Coronado, J. A., Álvarez–Ruíz, P., Flores–Miranda, M. C., Miranda–Saucedo, S., Medina–Beltrán, V., Escamilla–

- Montes, R. (2015). Efecto de la inulina y del ácido fúlvico en la supervivencia, crecimiento, sistema inmune y prevalencia de WSSV en *Litopenaeus vannamei*. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 43(5), 912–921. <http://dx.doi.org/10.3856/vol43-issue5-fulltext-11>
- Gutiérrez–Sigueros, I., Cuenca–Soria, C. A., Navarro–Angulo, L. I., Maldonado–Enríquez, E. J., Melgar–Valdes, C. E., & Castillo–Domínguez, A. (2018). Tiempo y dosis óptimas de fluoximesterona, para masculinización de crías del pez maya *Cichlasoma urophthalmus* (Percidae: Cichlidae). *Cuadernos de Investigación UNED*, 10(2), 416–421 p. <http://dx.doi.org/10.22458/uri.v10i2.2170>
- Hafeez–ur–Rehman, M., Ahmed, I., Ashraf, M., Abbas, F., & Iqba, K. J.. (2014). The culture performance of 17-D-methyltestosterone treated tilapia (*Oreochromis niloticus*) in fertilized ponds. *Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences*, 51(3), 209–213. https://www.researchgate.net/publication/282718497_The_culture_performance_of_17-a-methyltestosterone_treated_tilapia_Oreochromis_niloticus_in_fertilized_ponds
- Hai, N. V. (2015). Research findings from the use of probiotics in tilapia aquaculture: a review. *Fish & Shellfish Immunology*, 45(2), 592–597. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2015.05.026>
- Hernández, M. A. (2012). Comportamiento productivo en Tilapia *Oreochromis niloticus* suplementada con ácidos orgánicos. (*Tesis de Licenciatura*). Universidad de San Carlos de Guatemala Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, Guatemala, 1–41 p.

- Hurtado, N. T. (2005). Hurtado, T.N. Inversión sexual en tilapias.. I. 43 p. (*Revisión bibliográfica*). NH, Ingenieros Consultores, Lima, Perú.
- Ibrahim, M. D., Fathi, M., Mesalhy, S., & Abd El-Aty, A.M. (2012). Effect of dietary supplementation of inulin and vitamin c on the growth, hematology, innate immunity, and resistance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish & shellfish immunology*, 29(2), 241–246. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2010.03.004>
- Immanuel, G. (2009). Extractos de plantas medicinales incluidos en la dieta mejoran el crecimiento, actividad inmune y supervivencia de tilapia *Oreochromis mossambicus*. *Centro de Ciencia Marina y Tecnología*, 1462-1475. <http://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2009.02212.x>
- INAPESCA. (2019). *Gobierno de México*. Retrieved from Buscan impulsar maricultura en Oaxaca: <https://www.gob.mx/inapesca/prensa/buscan-impulso-de-maricultura-en-oaxaca-21>
- Jiménez–Badillo, M., & Arredondo–Figuerola, J. L. (2000a). Effect of oral treatment of synthetic androgens on sex ratio, survival and growth rates, in three strains of tilapia. *Hidrobiológica*, 10(2), 115-120. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972000000200005
- Jiménez–Badillo, M., & Nepita–Villanueva, M. R. (2008). Espectro trófico de la tilapia *Oreochromis aureus* (Perciformes: Cichlidae) en la presa Infiernillo, Michoacán–Guerrero, México. *Revista de Biología Tropical*, 48(2–3), 487–494.

https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-

[77442000000200020](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442000000200020)

Jiménez–Badillo, M., & Arredondo–Figueroa, J. L. (2000b). *Manual técnico para la reversión sexual de tilapia*. Iztapalapa: Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, 28 p.

[https://www.researchgate.net/publication/249010837 Manual tecnico para la reversion sexual de tilapia Technical manual of tilapia sexual reversion](https://www.researchgate.net/publication/249010837_Manual_tecnico_para_la_reversion_sexual_de_tilapia_Technical_manual_of_tilapia_sexual_reversion)

Jo–Rivero, C. L., & Espinoza, Á. M. (2020). Respuesta productiva a tres niveles de incorporación de un nutraceutico en la alimentación de alevines de tilapia nilótica *Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758. (*Tesis de Licenciatura*). Universidad Nacional del Callao, Perú, 133 p.

John, G., Mesalhy, S., Rezk, M., El–Naggar, G., & Fathi, M. (2007). Effect of some immunostimulants as feed additives on the survival and growth performance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* and their response to artificial infection. *Egyptian Journal Aquatic of Biology and Fisheries*, 11(3), 1299–1308. <https://digitalarchive.worldfishcenter.org/handle/20.500.12348/1737>

Karaket, T., Reungkhajorn, A., & Ponza, P. (2023). The optimum dose and period of 17 α –methyltestosterone immersion on masculinization of red tilapia (*Oreochromis spp*). *Aquaculture and fisheries*, 8(2), 174 – 179. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2021.09.001>

Kelly, G. (2009). Inulin-type prebiotics: a review (Part 2). *Alternative Medicine Review*, 14(1), 6–55. PMID: 19364192.

- Leyton, S.A., Muñoz, E., Gordillo, S. M., Sánchez, G. C., Muñoz, L. A., & Soto, D. A. (2015). Estimación del factor de condición de fulton (k) y la relación longitud-peso en tres especies ícticas presentes en un sector sometido a factores de estrés ambiental en la cuenca alta del río cauca. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 1(27), 24–31 p. <https://revistaaccb.org/r/index.php/accb/article/view/99>
- Lim, C., & Lovell, R. T. (1987). Pathology of the Vitamin C Deficiency Syndrome in Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*). *The Journal of Nutrition*, 108(7), 1137-1146 p. <https://doi.org/10.1093/jn/108.7.1137>
- Lim, C., Yildirim-Aksoy, M., Welker, T., & Veverica K. (2006). Effect of feeding duration of sodium chloride-containing diets on growth performance and some osmoregulatory parameters of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, after transfer to water of different salinities. *Journal of Applied Aquaculture*, 18(4), 1–17. https://doi.org/10.1300/J028v18n04_01
- Logato, P. R., Murgas, L. S., & De Souza, F. O. (2004). Estudio del efecto de la relación macho hembra en la puesta natural y dosis de 17- α -metiltestosterona en la reversión sexual de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) linaje tailandés. *Anales de Veterinaria de Murcia*, 20, 95–103 p. <https://revistas.um.es/analesvet/article/view/17661>
- López, C. A., Carvajal, D. L., & Botero–Aguirre, M. (2007). Masculinización de tilapia roja (*Oreochromis* spp) por inmersión utilizando 17 alfametiltestosterona. *Revista*

Colombiana de Ciencias Pecuarias, 20(3), 318–326 p.

<https://revistas.udea.edu.co/index.php/rccp/article/view/324145>

Macaranas, J. M., Mather, P. B., Lal, S. N., Vereivalu, T., Lagibalavu, M., & Capra, M. F.

(1997). Genotype and environment: A comparative evaluation of four tilapia stocks

in Fiji. *Aquaculture*, 150(1-2), 11–24. [https://doi.org/10.1016/S0044-](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01464-0)

[8486\(96\)01464-0](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01464-0)

Macintosh, D. J., Varghese, T. J., & Rao-Satyanarayana, G. P. (1985). Hormonal sex

reversal of wild-spawned tilapia in India. *Journal of Fish Biology*, 26(2), 87–94.

<https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1985.tb04245.x>

Manosroi, J., Petchjul, K., & Manosroi, A. (2004). Effect of fluoxymesterone fish feed

granule on sex reversal of the hybrid, thai red tilapia (*Oreochromis niloticus* Linn.

X *Oreochromis mossambicus* Linn.). *Asian Fisheries Science*, 17, 323–331.

<http://dx.doi.org/10.33997/j.afs.2004.17.4.005>

Méndez–Martínez, Y., & Pérez –Tamames, Y. T. (2018). Estado del arte del cultivo de

tilapia roja en la mayor de las antillas. *Biotechnia*, 20(2), 15–24.

<http://dx.doi.org/10.18633/biotechnia.v20i2.593>

Miranda–Cerritos, J.L., Cerros–Rodríguez, R.A., Flores–Ramírez, C.B. (2008). Métodos de

masculinización inducida por andrógenos en alevines del híbrido rojo de tilapia

(*Oreochromis sp.*). Inmersión de corto plazo y administración oral. (*Tesis de*

Licenciatura). Universidad de El Salvador, 113 p.

<https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1203/1/70102337.pdf>

- Mohapatra, S., Chakraborty, T., Kumar, V., DeBoeck, G., & Mohanta, K. N. (2013). Aquaculture and stress management: a review of probiotic intervention. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 97(3), 405–430. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2012.01301.x>
- Montoya-Toapanta, D. X. (2014). Reversión sexual en tilapias con hormona 17alfa metiltestosterona a diferentes dosis 40-60-80 mg/kg. de alimento en tena sector Uglopamba. (*Tesis de Licenciatura*). Universidad Técnica de Cotopaxi, Lantacunga, Perú, 47-57. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/2901>
- Moreno–Enriquez, Rodríguez, C., Barriga, S., & Arredondo, F. (2003). Producción de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) masculinizada con la hormona fluoximesterona en sistemas cerrados de recirculación. In *Memorias del Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura* (pp. 77–87). Zaragoza, España: CIVA.
- Moreno, Q. M. (1985). El uso de hormona (17 metiltestosterona) en alevines de tilapia nilótica para la producción de tilapias monosexuales en Panamá. *Revista Latinoamericana de Acuicultura*, 24(44), 77-87 p.
- Ndong, D, & Fall, J. (2011). The effect of garlic (*Allium sativum*) on growth and immune responses of hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*). *Journal of Clinical Immunology and Immunopathology Research*, 3(1), 1–9. <https://doi.org/10.5897/JCIIR.9000010>
- Oliveira–Leonardo, J. M. L., Vargas, L., Ribeiro, R. P., Moreira, H. M., Natali, M. M., Volski, T., & Cavichiolo, F. (2001). Histologia das brânquias de larvas da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.), de origem tailandesa, submetidas a diferentes

- niveis de vitamina C. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, 23, 863–870.
<http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v23i0.2637>
- Opiyo, M. A., Jumbe, J., Ngugi, C. C., & Charo –Karisa, H. (2019). Different levels of probiotics affect growth, survival and body composition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in low input ponds. *Scientific African*, 4(103), 2–7.
<https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00103>
- Ordóñez–Gamboa, C. A. & Recalde–Villalba, V. C. (2017). Estudio de la reversión sexual en tilapias *Oreochromis* spp. por el método de inmersión con 17 alfa metil testosterona. Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura. P. 50.
<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/12961>
- Ornelas–Luna, R., Aguilar–Palomino, B., Hernández–Díaz, A., Hinojosa–Larios, J. Á., & Godínez–Siordia, D. E. (2017). Un enfoque sostenible para la acuicultura de tilapia. *Acta universitaria*, 27(5), 19–25.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-62662017000500019
- Ortega, S. S. (2018). Evaluación del efecto de aceites esenciales en alimentos balanceados para la producción de alevines de tilapia (*Oreochromis niloticus*). (*Tesis de Licenciatura*). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, 2–4 p.
- Ortiz, L. T., Rebolé, A., Velasco, S., Rodríguez, M. L., Treviño J., Tejedor, J.L., & Alzueta, C. (2013). Effects of inulin and fructooligosaccharides on growth performance, body chemical composition and intestinal microbiota of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition*, 19(4), 475–482.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2012.00981.x>

- Owusu-Frimpong, M., & Nijhar, B. (1981). Induced sex reversal in *Tilapia nilotica* (Cichlidae) with methyl testosterone. *Hydrobiologia*, 78(2), 157–160.
<https://doi.org/10.1007/BF00007590>
- Páramo-Delgadillo, S. (2014). Determinación del sexo en algunos ciclidos de Tabasco, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 2(4), 61–63.
<https://doi.org/10.19136/era.a2n4.370>
- Partida-Arangure, B. O. (2009). Efectos de prebióticos y microorganismos probióticos en el crecimiento, supervivencia y sistema inmune del camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, cultivado en condiciones experimentales. (Tesis de maestría). Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Tonala, Chiapas, 18–19 p.
<http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/8262>
- Pérez-López, N. E., & Gómez-Zapata, D. G. (2015). Inclusión de ácido ascórbico en la dieta y su efecto sobre el crecimiento de tilapias grises *Oreochromis niloticus*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, 62 p.
- Pérez, R. (2002). Evaluación de tres hormonas sintéticas para para la reversión de sexo de alevines de tilapia (*Oreochromis niloticus*). (Tesis de licenciatura). Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. Zamorano, 25 p.
- Pérez, Y., González, R., Méndez, Y., & Ramírez, J. L. (2014). Inclusión de la harina de *Lemna perpusilla* para alimentar alevines *Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, 15(5), 1–10.
<https://www.semanticscholar.org/paper/Inclusi%C3%B3n-de-la-harina-de-Lemna->

[perpusilla-para-x-P%C3%A9rez-](#)

[Gonz%C3%A1lez/4a64b778860bd67a8bb45a9402ad3c66feede2c2](#)

Phelps, R. P., & Popma, T. J. (2000). Sex reversal of tilapia. Tilapia aquaculture in the Americas. *World Aquaculture Society*, 2, 34–59.

<http://www.was.org/Shopping/tilapia-aquaculture-in-the-americas-volume-two>

Pinza–Pinza, J. E. (2014). Manejo de reproductores y de la calidad del agua para mejora de la producción de alevinos de tilapia roja (*Oreochromis sp*) en la estación piscícola fishflow (*Tesis de licenciatura*). Universidad de Nariño, Huila, Colombia, 115 p.

<https://docplayer.es/51717495-Manejo-de-reproductores-y-de-la-calidad-del-agua-para-mejora-de-la-produccion-de-alevinos-de-tilapia-roja.html>

Ramírez–Ochoa, J.M., Moreno–Fernández, S., Juárez–Barrientos, J.M., Alcántar–Vázquez, J.P., Valenzuela–Jiménez, N., Moreno–de la Torre, R. (2023). Effect of fluoxymesterone on sex proportion and growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 66: 1-9.

Ranzani–Paiva, M. T., Takemoto, R. M., Lizama, M. P., Perazzolo, L. M., & Rosa, R. D. (2019). *Biotecnologia e Sanidade de Organismos Aquáticos*. São Paulo: Associação de Patologistas de Organismos Aquáticos (ABRAPOA), 512 pp.. ISBN: 978-65-80723-00-3

Ravindram, V. (2010). *Aditivos en la alimentación animal: presente y futuro*. Madrid: Institute of Food, Nutrition and Human Health, 3–24. [https://produccion-animal.com.ar/informacion-tecnica/invernada-promotores-crecimiento/44-10CAP I.pdf](https://produccion-animal.com.ar/informacion-tecnica/invernada-promotores-crecimiento/44-10CAP-I.pdf)

- Reilly, S. & Trifunovic, R. (2000). Lateral parabrachial nucleus lesions in the rat. Aversive and appetitive gustatory conditioning. *Brain Research Bulletin*, 52(4), 269–278.
[https://doi.org/10.1016/S0361-9230\(00\)00263-X](https://doi.org/10.1016/S0361-9230(00)00263-X)
- Roberfroid, M. B. (2005). Introducing inulin-type fructans. *The British Journal of Nutrition*, 93(1), 13–25 p. <https://doi.org/10.1079/bjn20041350>
- Rodríguez–Estrada, U., Satoh, S., Haga, Y., Fushimi, H., & Sweetman, J. (2013). Effects of inactivated *Enterococcus faecalis* and Mannan Oligosaccharide and their combination on growth, immunity and disease protection in rainbow trout. *North American Journal of Aquaculture*, 75(3), 416–428.
<https://doi.org/10.1080/15222055.2013.799620>
- Römer, U., & Beisenherz, W. (1996). Environmental determination of sex in *Apistogramma* (Cichlidae) and two other freshwater fishes (Teleostei). *Journal of Fish Biology*, 48(4), 714–725. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1996.tb01467.x>
- SADER. (2021). *La conapesca promueve la producción y el consumo de tilapia en el país*. Retrieved from Gobierno de México:
<https://www.gob.mx/agricultura/yucatan/articulos/la-conapesca-promueve-la-produccion-y-consumo-de-tilapia-en-el-pais?idiom=es>
- Salazar–Almeida, C. G., & Flores–Vallejo, C. P. (2015). Evaluación de los parámetros de crecimiento de alevines de tilapia roja (*Oreochromis* sp.) con dietas enriquecidas con dos aceites esenciales: cúrcuma (*Curcuma longa*) y hierba luisa (*Cymbopogon citratus*). (*Tesis de Licenciatura*). Universidad Politécnica Salesiana, Quito, 40–41 p.

https://explore.openaire.eu/search/publication?articleId=od_1737::edad718a69514aed5938733fa4216f1c

Seifert, E., & Watzl, B. (2007). Inulin and oligofructose: review of experimental data on immune modulation. *The Journal of nutrition*, 137(11), 2563–2567.
<https://doi.org/10.1093/jn/137.11.2563s>

Shelton, W. L., Rodriguez-Guerrero, D., & Lopez-Macias, J. (1981). Factors affecting androgen sex reversal of *Tilapia aurea*. *Aquaculture*, 59–65.
[https://doi.org/10.1016/0044-8486\(81\)90099-5](https://doi.org/10.1016/0044-8486(81)90099-5)

Silveira–Coffigny, R. (2006). Los productos fito–farmacéuticos en la acuicultura. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 7(8), 1-10 p.
https://www.researchgate.net/publication/26439861_Los_productos_fito-farmaceuticos_en_la_acuicultura_-_The_phyto-farmaceuticals_products_in_aquaculture

Silveira–Telli, G., Ranzani–Paiva, M. T., Carla–Dias, D., Rosa–Sussel, F., Massatoshi, I., & Tachibana, L. (2014). Dietary administration of *Bacillus subtilis* on hematology and non-specific immunity of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* raised at different stocking densities. *Fish Shellfish Immunology*, 39(2), 305–311.
<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2014.05.025>

Tewary, A., & Patra, B. C. (2008). Use of vitamin C as an immunostimulant. Effect on growth, nutritional quality, and immune response of *Labeo rohita* (Ham.). *Fish Physiology and Biochemistry*, 34(3), 251–259 p. <https://doi.org/10.1007/s10695-007-9184-z>

- Tiengtam, N., Khempaka, S., Paengkoum, P., & Boonanuntanasarn, S. (2015). Effects of inulin and Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) as prebiotic ingredients in the diet of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Animal Feed Science and Technology*, 207, 120–129. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.05.008>
- Toledo-Pérez, S. J., & García-Capote, M. C. (2019). *Avances En Nutrición Acuicola*. Nutrición y Alimentación de Tilapia Cultivada en América Latina y el Caribe: <https://nutricionacuicola.uanl.mx/index.php/acu/article/view/292/290>, 83-84 p.
- Torres-Hernández, P., Nucamendi-Rodríguez, G. B., Pintos-Terán, P., & Montoya-Márquez, J. A. (2010). Masculinización de la tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* (Actinopterygii: Cichlidae) por inmersión en fluoximesterona y testosterona enantato. *Zootecnia Tropical*, 28(3), 341–351 p. http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692010000300005
- Toyama, G. N., Corrente, J. E., & Possebon, J. E. (2000). Suplementação de vitamina c em rações para reversão sexual da tilápia do nilo. *Scientia Agricola, Brasil*, 57(2), 221–228. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162000000200005>
- Urdiales-Vallejo, V. E. (2015). Evaluación de diferentes niveles de hormona 17 alfa metil testosterona para la reversión sexual en tres diferentes sistemas de manejo de *Oreochromis* sp tilapia roja en estado inicial. (*Tesis de Licenciatura*). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, 88 p.
- Verastegui, A., & Fukushima, M. (2009). Observaciones preliminares del efecto de la Canela (*Cinnamomum zeylanicum*) y Clavo de olor (*Eugenia caryophyllata*) en el

- crecimiento de juveniles de tilapia roja (*Oreochromis* spp.), bajo condiciones de laboratorio. *Anales científicos*, 70(4), 73–80 p.
<https://doi.org/10.21704/ac.v70i4.542>
- Vidal, L. J., Contreras, S. W., Álvarez, G. A., Hernández, F. A., & Hernández, V. U. (2010). Técnicas de reversión sexual aplicadas en acuicultura. *Kukulkab*, 49–54.
<https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a15n27.850>
- Villafuerte–Rincón, J. (2008). Uso de la fluoximesterona en la inversión sexual de la tilapia de la línea niloticus stirling en el centro acuícola jala. tecomá, col. (*Tesis de Licenciatura*). Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco, 42 p.
<http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/handle/123456789/5686>
- Wang, L. H., & Tsai, C. L. (2000). Effects of temperature on the deformity and sex differentiation of tilapia, *Oreochromis mossambicus*. *Journal of Experimental Zoology*, 286, 534–537. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-010X\(20000401\)286:5%3C534::AID-JEZ11%3E3.0.CO;2-2](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-010X(20000401)286:5%3C534::AID-JEZ11%3E3.0.CO;2-2)
- Xie, Z., Niu, C., Zhang, Z., & Bao, L. (2006). Dietary ascorbic acid may be necessary for enhancing the immune response in Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*), a species capable of ascorbic acid biosynthesis. *Comparative Biochemistry Physiology A: Molecular & Integrative Physiology*, 145(2), 152–157.
<https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2006.05.015>
- Yamamoto, T. O. (1953). Artificially induced sex–reversal in genotypic males of the medaka (*Oryzias latipes*). *Journal of Experimental Zoology*, 123(3), 571–594.
<https://doi.org/10.1002/jez.1401230309>

- Ying-rui, W., Qing-fang, G., Hong, F., Wan-Wen, L., Ming, C., & Rui-jie, H. (2013). Effect of *Sophora flavescens* son non-specific immune response of tilapia (GIFT *Oreochromis niloticus*) and disease resistance against *Streptococcus agalactiae*. *Fish & Shellfish Immunolog*, 34(1), 220–227.
<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2012.10.020>
- Yones, M. S. A. M. A., Eissa, A. I., Ghobashy, A. E. A. M & Marzok, S. S (2020). Effects of dietary inulin as prebiotic on growth performance, immuno-haematological indices and ectoparasitic infection of fingerlings Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Egyptian Journal of Histology*, 43(1), 1-103.
<http://doi.org/10.21608/ejh.2019.15495.1152>
- Zamora–Vera, M. (2020). Evaluación del efecto equivalente de probióticos y promotores de crecimiento en la dieta de alevines de tilapia roja (*Oreochromis* spp.). (*Tesis de Licenciatura*). Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencia, 52 p.