

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	08-07-2021	B
Dependencia	Aprobado		Pág.	
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO		1(43)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	Tomas Giovanni Ramírez Celeita		
FACULTAD	Ciencias Agrarias y del Ambiente		
PLAN DE ESTUDIOS	Zootecnia		
DIRECTOR	Carmen Liceth García Quintero		
TÍTULO DE LA TESIS	Generalidades De La Reproducción De La Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)		
TITULO EN INGLES	Generalities of Reproduction of Tilapia ()		
RESUMEN (70 palabras)			
Desde una compilación técnica y de una monografía estudiantil realizada en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, se investigó acerca de la reproducción comportamiento, y morfología del sistema reproductor externo de los dos géneros macho y hembra de la tilapia del Nilo, así también como la técnica de reversión sexual o masculinización en esta especie como método de control reproductivo, que se ha venido llevando a cabo actualmente.			
RESUMEN EN INGLES			
From a technical compilation and a student monograph carried out at the Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, research was conducted on the reproduction, behavior and morphology of the external reproductive system of the two male and female genders of the Nile tilapia, as well as the technique of sexual reversion or masculinization in this species as a method of reproductive control, which is currently being carried out			
PALABRAS CLAVES	17 Alfa Metiltestosterona, Hormona, Reversión Sexual, Morfología. Tilapia del Nilo		
PALABRAS CLAVES EN INGLES	17 Alfa Metiltestosterona, Hormona, Reversión Sexual, Morfología. Tilapia del Nilo		
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 50	PLANOS:0	ILUSTRACIONES:4	CD-ROM: 1



Generalidades de la Reproducción en la Tilapia (*Oreochromis niloticus*).

Tomas Giovanni Ramírez Celeita

Facultad de Ciencias Agrarias y del Medio Ambiente, Universidad Francisco de

Paula Santander Ocaña

Zootecnia

M.Sc-Esp. Carmen Liceth García Quintero

07 septiembre de 2023

Agradecimientos

Dios, primeramente, merece mi agradecimiento por que él es mi guía y me permitió culminar esta carrera tan bonita como es Zootecnia.

A mi madre, Licenciada en Pedagogía Infantil, indudablemente siempre creyó en mis capacidades, a pesar de la distancia es mi razón de ser.

A mi tía empresaria y rectora del colegio Luz y Vida, que me brindó su apoyo incondicional, y la estadia en su casa mientras cursaba mi carrera.

Agradezco así a la facultad de Ciencias Agropecuarias de la UFPSO que, con su grupo de profesores, me formaron en cada una de las asignaturas como profesional.

5.4.1 Testosterona.	29
5.5 Métodos de Aplicación de la Testosterona.....	29
5.6 Valoración de la Reversión Sexual	29
5.7 Procedimientos para Controlar la Reproducción en la Tilapia Nilótica	30
5.7.1 Cultivos Monosexo.	30
5.7.2 Hibridación.	30
5.7.3 Obtención de peces supermacho.	31
5.7.4 Método por alimento hormonado.....	31
5.7.5 Androgénesis.....	32
Capítulo 6. Innovación de la Reproducción en Tilapia nilótica.....	34
Discusión.....	36
Conclusiones	37
Referencias.....	38

Lista de tablas

Tabla 1.	30
Tabla 2.	32

Lista de figuras

Figura 1. Taxonomía Tilapia del Nilo	12
Figura 2. Diferenciación sexual de la Tilapia nilótica	14
Figura 3. Aparato reproductor de la tilapia macho	14
Figura 4. Aparato reproductor tilapia hembra.....	15

Resumen

Desde una compilación técnica y de una monografía estudiantil realizada en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña; Yo Tomas Giovanni Ramirez Celeita Código 710942 y con la asesoría de la docente M.Sc-Esp. Carmen Liceth García Quintero se investigó acerca de la reproducción comportamiento, y morfología del sistema reproductor externo de los dos géneros macho y hembra de la tilapia del Nilo, así también como la técnica de reversión sexual o masculinización en esta especie como método de control reproductivo, que se ha venido llevando a cabo actualmente. Para tal efecto, la tilapia del Nilo se ha distribuido en todo el mundo, y por su importancia zootécnica se presta para la investigación. Esencialmente se hace uso de la reversión sexual o masculinización de la Tilapia del Nilo, por medio de la hormona 17 alfa metiltestosterona con fines de controlar su población, teniendo como resultados residuos en la epidermis del animal, es por esto que actualmente el método más utilizado sigue siendo el térmico, reduciendo así el contenido hormonal y químico en la fase reproductiva de la especie. Considerando esta información, cabe recalcar que la especie Tilapia Nilotica es de las más consumidas en el mundo, y es por esto su importancia zootécnica.

Palabras clave: 17 Alfa Metiltestosterona, Hormona, Reversión Sexual, Morfología.
Tilapia del Nilo

Summary

From a technical compilation and a student monograph conducted at the Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña; I Tomas Giovanni Ramirez Celeita Code 710942 and with the advice of the teacher M.Sc-Esp. Carmen Liceth García Quintero researched about reproduction behavior, and morphology of the external reproductive system of the two genders male and female Nile tilapia, as well as the technique of sexual reversion or masculinization in this species as a method of reproductive control, which has been carried out currently. For this purpose, the Nile tilapia has been distributed worldwide, and its zootechnical importance lends itself to research. Essentially, sexual reversion or masculinization of Nile tilapia is used, by means of the hormone 17 alpha methyltestosterone for population control purposes, resulting in residues in the animal's epidermis, which is why currently the most used method is still the thermal one, thus reducing the hormonal and chemical content in the reproductive phase of the species. Considering this information, it should be emphasized that Tilapia Nilotica is one of the most consumed species in the world, and this is the reason for its zootechnical importance.

Key words: Alpha Methyltestosterone, Hormone, Sexual Reversion, Morphology.

Introducción

La tilapia es un pez de agua dulce, que, debido a su rápido crecimiento y alta tolerancia a una variedad de condiciones ambientales, se ha convertido en un cultivo importante en todo el mundo, el factor reproductivo resulta ser crucial en el cultivo de este pez, debido a que la reproducción afecta directamente la cantidad y calidad de los descendientes producidos. La tilapia es un tipo de pez ovíparo, lo que significa que sus huevos son fertilizados externamente por el pez macho (FAO, 2016).

Incluso más que la trucha y el salmón, la tilapia del Nilótica, se ha convertido en uno de los peces más cultivados en todo el mundo. Este éxito principalmente se le atribuye a la gran tasa de reproducción y como se mencionó con anterioridad a la adaptabilidad de la especie a una variedad de condiciones ambientales; sin embargo, la producción de esta especie anteriormente no era considerada un proceso sencillo, pero hoy en día gracias a la tecnificación se ha logrado simplificar este proceso. En sus inicios, debido a la falta de comprensión sobre su biología reproductiva, la reproducción artificial de la tilapia Nilótica presentó una serie de desafíos; Con el paso del tiempo surgieron varias técnicas para su reproducción artificial, entre ellas la estimulación hormonal y la disfunción ovulatoria, que permitían el crecimiento de alevines por desove y la adquisición de cepas reproductoras genéticamente superiores (Rodríguez et al., 2021).

La especie tilapia nilótica se ha extendido por todo el mundo, y una de sus características zootécnicas es su color, el cual es significativo tanto comercialmente como en la investigación científica. Como resultado, es crucial que los machos sean producidos por la hormona 17 alfa-metil testosterona. La tilapia actualmente se encuentra ocupando el segundo reglón de productos

cárnicos que aportan gran valor proteico a la dieta de las personas, además, la obtención de tilapia ha servido como fuente de trabajo para aquellos con un estatus económico bajo y es crucial para el desarrollo de las naciones del tercer mundistas (Rodríguez, 2017).

La tilapia del Nilo alcanza su madurez sexual entre los 3 a 4 meses de edad. En este punto, su peso estará entre 50 y 100g y tendrá una longitud entre 10 y 12 cm. Estos son los parámetros óptimos para lograr un satisfactorio ciclo reproductivo de la tilapia. (Cuellar 2021).

La especie tilapia Nilótica (*Oreochromis niloticus*), es una especie que nos brinda una buena tasa de prolificidad y una reproducción sexual temprana, lo que resulta ser ventajoso, porque los productores pueden llegar a obtener una cantidad considerable de alevinos, cabe recalcar las hembras suelen madurar más pronto que los machos, y también, los machos tienen un crecimiento mayor que las hembras, debido a que estos utilizan la energía extraída del alimento en su crecimiento somático, mientras que las hembras la utilizan en la producción de gametos para desove. (Alvarado-Ruiz 2015). Así mismo, la monografía estará enfocada también la historia y evolución de los procesos reproductivos, la biología de la especie y la reversión sexual que es un procedimiento característico en la producción de esta especie.

Capítulo 1. Estructura Metodológica

1.1. Materiales y métodos

Para la realización de esta monografía, es revisión bibliográfica compilativa, que según (Etece, 2017) “Rinde informe de una lectura exhaustiva de las fuentes disponibles sobre el tema y ofrece una perspectiva crítica de las referencias, llegando a una conclusión personal, completa del tema abordado.”

El modelo de metodología a utilizar es el de monografía mediante revisiones bibliométricas compilativas, la búsqueda de dicha información se hará en páginas de investigación como son: Google Académico, Scielo, Redalcy, Scopus, del año 2015 al 2022, que tiene como objetivo fundamental, el estudio e indagación de artículos científicos y que vayan a la vanguardia de la tecnología, usando siempre el parafraseo y cuidando información de otros autores de forma que se citen sus afirmaciones e investigaciones y teniendo en cuenta la delimitación del tema y hasta donde se quiere llegar. (Buitrago, R. 2019).

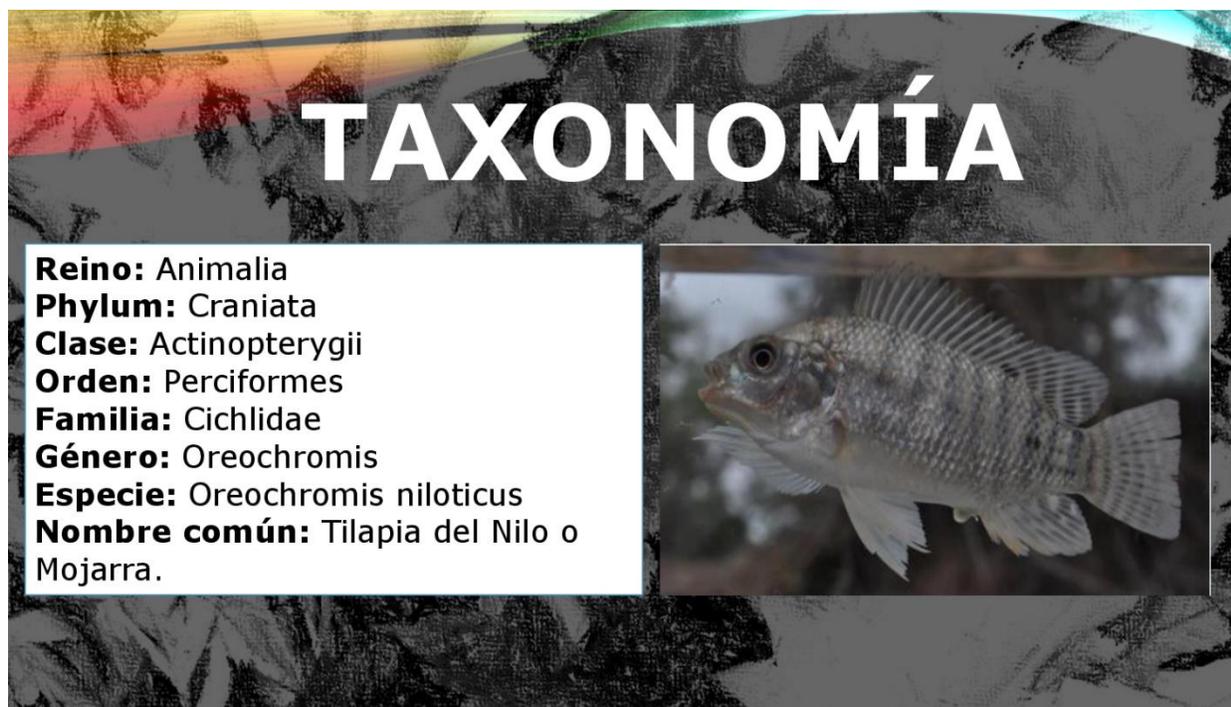
Este estudio abarca un enfoque cualitativo, (Vera, 2016) afirma que “La investigación cualitativa es aquella donde se estudia la calidad de las actividades, relaciones, asuntos, medios, materiales o instrumentos en una determinada situación o problema. La misma procura por lograr una descripción holística, esto es, que intenta analizar exhaustivamente, con sumo detalle, un asunto o actividad en particular.”

Capítulo 2. Biología de la Tilapia Nilótica

Los temas tratados de este capítulo son; Taxonomía, morfología externa e interna de sus caracteres sexuales y por último hábitat y biología de la tilapia del Nilo, aunado a esto también incluye comportamientos sexuales y el hábitat en que se desarrolla la especie.

2.1. Taxonomía de la Tilapia Nilótica

Figura 1.



En esta imagen se aprecia la Taxonomía de la Tilapia del Nilo. Tomado de. Universidad Nacional de San Cristóbal (Imagen). <https://www.docsity.com/es/manejo-de-tilapia-en-el-peru-conceptos-basicos-crianza-historia/7> (docsity, 2019).

2.2 Morfología Externa de la Tilapia Nilótica

Su morfología se compone de un cuerpo discoidal y estrechado, y no es tan común que su cuerpo sea alargado. Contiene en su mandíbula dientes conoidales, y algunas veces encontramos

incisivos. En cuanto a su boca encontramos labios prominentes, y anchos, está provisto de dos agujeros nasales, cada uno en la parte inferior de los ojos, para su locomoción poseen aletas pares e impares. Las aletas pares las constituyen las pectorales y las ventrales; las impares están constituidas por las aletas dorsales, la caudal y la anal. La parte anterior de la aleta dorsal y anal es corta, consta de varias espinas y la parte terminal de radios suaves, disponiendo sus aletas dorsales en forma de cresta. (Espinoza, M. 2016).

“Argumentando con lo anterior se les denomina Tilapia, a los peces cuyo comportamiento es de cavar nido en el fondo del agua para luego ovipositar, otro género es el *Tetraodon*, se llaman así porque aparte de ser morfológicamente como la Tilapia, contienen además dientes de cepillo, y están los del género *Micropodus* los cuales se llaman así porque además de ovipositar, la madre incuba los huevecillos en su boca, como parte de su cuidado parental” (Perdomo, 2017).

La tilapia Nilótica se caracteriza por poseer un cuerpo comprimido, escamas cicloideas, profundidad del péndulo caudal igual a su longitud, en el primer arco branquial tienen entre 27 y 33 filamentos, en la aleta dorsal poseen espinas rígidas pero blandas, en la aleta anal cuenta con 3 espinas y de 10 a 11 rayos, la aleta pectoral, dorsal y caudal suelen tornarse de una coloración rojiza en la temporada de desove, la línea lateral se interrumpe y la quijada no suele presentar dimorfismo sexual (FAO, 2019).

2.2.1 Caracteres sexuales.

La hembra presenta tres orificios sexuales y visibles que son: el orificio urinario, el ano, y el poro genital. Mientras que en el macho contamos solo con dos orificios visibles que son: el orificio urogenital y el ano, Aunado a lo anterior cabe recalcar que se necesita de un microscopio para diferenciar el orificio urinario en la hembra (Espinoza, M. 2016).

Figura 2.

Conforme a la gráfica se puede apreciar al lado izquierdo el género macho de la especie, y al lado derecho se puede apreciar el género hembra. Tomado de [Fotografía] Pinza, 2015, www.docplayer.es

2.3 Morfología Interna de la Tilapia Nilótica

2.3.1 Macho

(Ibarra, 2019) afirma que “El aparato reproductor del macho está constituido, por un par de testículos alargados”

Figura 3.

Nota. En relación con las estructuras del aparato reproductor del macho Tilapia, se pueden identificar testículos, orificio seminal, conductos seminales, y vejiga natatoria. Tomado de [Imagen] Beltrán, 2016, www.prezi.com.

2.3.2 Hembra.

(Ibarra, 2019) menciona que “el aparato reproductor de la hembra Tilapia está formado por un par de ovarios de forma alargada de distinto diámetro”

Figura 4.



Nota. En la figura se puede apreciar las diferentes estructuras reproductivas de la Tilapia hembra, en relación con esto se encuentran las gónadas conocidas como ovarios. Tomado de [Imagen] Beltrán, 2017, www.prezi.com

2.4 Hábitad y Biología de la Tilapia Nilótica

“La tilapia nilótica es una especie que en su mayoría prefieren vivir en aguas profundas, la temperatura ideal para su crecimiento es entre 29 a 31°C y suelen morir cuando las temperaturas están por debajo de 16 y 17°C, cuando la temperatura supera los 37 - 38°C se producen problemas de estrés” (Vasquez, 2014, p. 2 citado por Rojas et al., 2017, p. 51).

Estos peces presentan características tales como que son peces omnívoros que se alimentan principalmente de fitoplancton, epífitas, plantas acuáticas, pequeños invertebrados, fauna béntica, hojarasca y capas bacterianas asociadas a los detritos, esta especie se encarga de filtrar las partículas suspendidas, incluyendo el fitoplancton y zooplancton. La tilapia alcanza la madurez sexual aproximadamente de 2 a 3 meses de edad y realiza el desove a una temperatura de 24°C (FAO, 2019).

“Complementando con lo anterior La Tilapia nilótica, le cuesta vivir a temperaturas bajas de las establecidas, puesto que su conversión alimenticia también se disminuye y puede haber población, pero de peces pequeños, se puede decir que esta especie tolera niveles de salinidad moderados se consideran eurihalinos, es invasora con otras especies, y además, por su condición omnívora es competitivo por este aspecto con otros peces” (Takishita et al., 2015).

El proceso de reproducción inicia cuando los machos establecen las zonas para hacer los nidos y posteriormente las hembras depositen allí sus huevos, los machos los fecunden y la hembra nuevamente recoja los huevos con su boca y los albergue durante la incubación por alrededor de 1 a 2 semanas dependiendo la temperatura con la que cuente el agua (Saavedra 2006, citado por Espinosa et al., 2016)

El número de huevos que la hembra pueda albergar depende del tamaño corporal que posea la misma, por ejemplo, una hembra de un peso aproximado entre 600 y 1000 gramos puede albergar hasta 1000 y 1500 huevos; Por otro lado, los machos permanecen en el territorio que establecieron con la finalidad de fertilizar los huevos de otras hembras. Las hembras pueden continuar poniendo huevos en ausencia de estaciones frías para inhibir el desove (FAO, 2019).

Capítulo 3. Generalidades de la Tilapia Nilótica

3.1. Antecedentes Históricos de la Tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*)

Este capítulo explica la evolución que ha tenido la Tilapia nilótica, en lo que respecta al manejo reproductivo a través del tiempo, y su importancia en Colombia en producción y exportación agropecuaria.

La especie de Tilapia fue descubierta por Linneo en 1758, actualmente esta especie es ampliamente utilizada en la producción acuícola, se dice que puede llegar a un peso de 5kg en su adultez y posee una longevidad de hasta 10 años de edad en promedio, posee una alta capacidad de adaptabilidad a la zona del trópico; además, es una especie que se ha caracterizado por ser prolífica, con una alta tasa de fertilización y viabilidad de las larvas, características importantes en la producción debido a que intervienen en la disminución de costos de producción. En el cultivo de esta especie el macho es quien es utilizado con fines productivos debido a su buen crecimiento corporal, a través de la reversión sexual (Cuellar, 2021).

El principal mercado de la piscicultura es el nacional; sin embargo, aunque existen exportaciones de trucha y filetes frescos de tilapia desde hace varios años, la competencia más directa para la acuicultura en colombiana suele provenir de productos importados para camarón desde Ecuador y para piscicultura de China (tilapia), Vietnam (*Pangasius*) y Chile (salmón). Por otro lado, el mercado también compite con proteínas derivadas de otros animales, como lo es la carne de bovino, productos lácteos de bovino y la carne de pollo que es una de las más consumidas por los colombianos (Sanabria, 2016).

Entre los años 2000 y 1000, la carpa fue utilizada como método de producción en China, mientras que la tilapia se introducida en el antiguo Egipto; la primera documentación hallada sobre la cría de peces fue publicado en el año 473 A.C. en China, mientras en Europa se encuentran publicaciones en el siglo XV, para consumo en castillos y monasterios y como forma de mantener peces. No obstante, según la documentación, la producción a gran escala se produjo desde a mediados del siglo XX (Ruiz et al., 2020).

Desde la antigüedad, aproximadamente 4000 años atrás, la Tilapia del Nilo, ha mostrado vestigios de producción en estanques ornamentales en Egipto; por otra parte, la especie se distribuyó a nivel mundial desde los años 1942 y 1950, como tal se conoce que el momento más importante de la distribución de la , tuvo lugar en la década de los 60's, luego fue distribuida hacia Tailandia y filipinas (FAO, 2019).

Las tilapias contienen alrededor de unas 1200 especies que son originarias del oriente medio y África, son consideradas como tilapias principalmente los géneros las cuales son incubadoras maternos y constituyen alrededor de unas 70 especies aproximadamente, por otro lado está el género , principalmente estas tilapias se distinguen unas de otras por el número de branquiespinas en la sección inferior del primer arco branquial, la coloración y la forma de la cabeza (Sanabria,2016).

El cultivo de tilapias se define como precoz, por sus características particulares en la reproducción, además de sus cuidados parentales y desoves múltiples; sin embargo, a pesar de sus excelentes caracterizas productivas y reproductivas, la producción de alevinos resulta ser un reto en algunas ocasiones, debido a que la reproducción no es controlada y esto genera que haya un bajo crecimiento en las pocetas de engorde y bajas tasas de natalidad (Pulido, 2019).

En el año 1960, los cultivos de tilapia se desarrollaron con facilidad, produciendo una alta tasa poblacional de peces, que en su momento no poseían rentabilidad en el mercado ni se consideraban aptos para el consumo, pues los peces no alcanzaban una talla óptima y no había un control sobre la precocidad en la maduración sexual de los peces y los desoves de estos (Wicky et al., 2016).

Como leyes estipuladas en Colombia, para regular y fomentar la actividad piscícola y acuícola se encuentra la siguiente:

Artículo 3 del decreto No. 4181 de 2011 Estableció como uno de los objetivos institucionales de la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca – AUNAP – ejercer como autoridad pesquera y acuícola de Colombia, para lo cual adelantará los procesos de planificación, investigación, ordenamiento, fomento, regulación, registro, información, inspección, vigilancia y control de las actividades de pesca y acuicultura aplicando las sanciones a que haya de lugar, dentro una política de fomento y desarrollo sostenible de estos recursos, lo cual se encuentra acorde a lo consagrado en el artículo 1 de la ley 13 de 1990 – Estatuto General de Pesca.(AUNAP, 2017)

Artículo 47 de la ley 13 de 1990 Establece los modos para adquirir el derecho para ejercer la actividad pesquera contemplando entre ellos que sea por ministerio de la ley si se trata de pesca de subsistencia; que sea mediante permiso si se trata de la investigación, extracción, cultivo, procesamiento y comercialización de recursos pesqueros; que sea mediante patente si se trata del uso de embarcaciones para el ejercicio de la pesca; que sea por asociación cuando la entidad se asocie mediante la celebración de contratos comerciales para realizar operaciones conjuntas propias de la actividad pesquera; y que sea por concesión cuando se trate de aquellos

casos de pesca artesanal y de acuicultura o mediante autorización si se trata de la importación o exportación de recursos y productos pesqueros.(AUNAP, 2017)

“Complementando a lo anterior, la industria piscícola se encuentra en el cuarto renglón de producción en Colombia seguido de la producción ganadera, la producción de pollo y la producción de cerdo, sin embargo, no solo se produce Tilapia, también se encuentra la carpa, el bocachico entre otros” (La República, 2022).

3.2. Evolución del Manejo Reproductivo de la Tilapia Nilótica (*Oreochromis niloticus*)

Se dice que la historia del manejo reproductivo de la tilapia del Nilo tuvo sus comienzos en la década de los 60's en Israel, donde fueron desarrolladas técnicas de producción de alevines, mediante la utilización de hormonas; desde entonces, se han venido realizando diversos estudios y avances relacionados con el manejo de la reproducción de la tilapia, con el objetivo de aumentar la eficiencia reproductiva y a su vez la calidad de los alevines producidos (Totocayo, 2019).

En Colombia entre los años 1930, fue incursionando la acuicultura, por primera vez iniciando con la especie Trucha arco iris, , en la región Andina. En los años 1970 fueron introducidos los primeros especímenes de Tilapias Para los años 1980, Colombia ya contaba con sus primeros centros de investigación piscícolas en trucha y tilapia y distintas especies nativas (Maciel 2018).

En la década de 1970, se desarrolló una técnica para la producción de alevines sin el uso de hormonas, conocida como "incubación natural", en la que se utilizan estanques de reproducción con una densidad adecuada de reproductores, alimentación suplementaria y control

de la calidad del agua para asegurar una alta tasa de eclosión de huevos y la supervivencia de los alevines (Hulata, 2001).

La técnica de incubación natural era rigurosa puesto que se necesitaba de un sexaje adecuado para dejar un número determinado de reproductores en el estanque y así evitar su sobrepoblación.

En la década de 1980, se comenzó a investigar sobre el control del sexo en la tilapia nilótica, lo que permitiría una mayor eficiencia reproductiva al producir solo los peces de sexo deseado. Se han desarrollado diversas técnicas para lograr este objetivo, incluyendo el uso de hormonas y la selección genética (ACOSTA AKE, 2016).

En la actualidad, el manejo reproductivo de la tilapia nilótica se ha convertido en una disciplina científica en constante evolución. Se han desarrollado técnicas más eficientes para la producción de alevines, como la incubación en sistemas de flujo continuo y la selección genética para mejorar la resistencia a enfermedades y la calidad de los alevines (Fukushima, 2016).

“Con los avances de la ciencia en la actualidad, se ha podido manejar reproductivamente las Tilapias, no solo hormonalmente sino también por medio de selección genética, y control térmico para también inducir a la producción de alevines macho” (Erazo, 2017).

En la tilapia, la reproducción natural en estanques es común, pero también se han desarrollado técnicas de reproducción artificial en acuicultura. La reproducción artificial se realiza mediante la inducción hormonal de los peces para que liberen gametos en un momento específico. Esta técnica permite la producción controlada de huevos y el control de la calidad genética de la descendencia. (Nguyen et al., 2020)

Capítulo 4. Aspectos del Ciclo Reproductivo en la Tilapia Nilótica

En este capítulo se tomará como tema las diferentes etapas, y desarrollo embrionario hasta la eclosión de alevinaje en *Tilapia nilótica*, también los diferentes métodos artificiales utilizados para la reproducción de esta especie.

La tilapia del Nilo muestra un comportamiento reproductivo muy específico donde los machos eligen dónde desovar, construyen un nido de 20 a 30 cms de diámetro con profundidad de hasta 8cms, sitio en donde la hembra va a ser atraída por el macho, seguido la hembra deposita sus huevos para que inmediatamente sean fertilizados por el macho, una vez fecundados, los huevos se recogen en la boca de la hembra para eclosionar, lo que tarda entre 10 y 15 días, dependiendo de la temperatura del agua. (Mulema & García 2019).

“Como nos podemos dar cuenta a lo anterior la Tilapia tiene una especie de reproducción externa ovípara, donde el encargado de fertilizar es el macho, luego que la hembra pone sus huevecillos en el lugar seleccionado por el macho.” (Suresh, 2016).

4.1 Etapas del Desarrollo Embrionario

4.1.1 Fecundación

Se sabe que los huevos o huevas son esféricos al momento de la puesta, recubiertos de una membrana porosa, transparente y rugosa, pero al contacto con el medio se hinchan y se vuelven lisos. Esta membrana tiene una abertura llamada microporo a través de la cual deben pasar los espermatozoides para que ocurra la fertilización. El tiempo que tiene el espermatozoide para atravesar el micropilo es muy corto porque la membrana se cierra al hincharse en contacto con el agua, imposibilitando la fecundación del óvulo (Mulema & García 2019).

4.1.2. Incubación

En esta área se incluyen varios nidos los cuales han hecho los machos, y se encuentran, separadas entre sí y protegidas, tras un corto tiempo de cortejo, la hembra pone los huevos y el macho los fertiliza, luego la hembra incuba en su boca nuevamente los huevos y abandona la zona de apareamiento; tras el periodo de incubación, el cual dura alrededor de 3 a 6 días son liberados en aguas poco profundas, una vez ocurre esto la hembra se prepara nuevamente para un nuevo ciclo, tras la recuperación de su sistema reproductor que oscila entre 2 y 4 semanas (García & Pérez 2015).

Los huevos de tilapia son incubados en recipientes de volumen similar a una vasija tipo Mac Donal, el proceso de incubación suele ser fácil, se necesita de un constante flujo de agua vertical que tenga una corriente suave, la cantidad de huevos que puedan ser incubados dependerá del volumen de vasijas disponibles. Cuando las crías salen del huevo son llevadas por la corriente hacia canaletas de recepción, este proceso de desarrollo embrionario y la eclosión tarda alrededor de 30 y 40 horas y se requiere que la temperatura del agua este entre 22 y 24°C. La temperatura y el oxígeno disponible son los factores que regulan la incubación, el tiempo más corto de este proceso tiene una duración de 36 horas, con temperaturas que oscilan entre los 26 y 28 °C. El oxígeno disuelto se mantiene en niveles no inferiores a 5 mg/l. En caso de una fertilización pobre, las pérdidas pueden ser altas, pero en una fecundación normal, las pérdidas se acercan al 5-8% o menos (Perdomo et al. 2017).

4.1.3 Eclosión

Al final de la eclosión, el caparazón se divide para formar pequeños peces llamados larvas; éste muestra una bolsa de papel marrón adherida a su cuerpo; por eso se llama pollito del saco vitelino. Puede comer alimentos de esta bolsa durante unos 15-18 días; por su tamaño y

peso permanece en el fondo de un estanque o canal. Cuando se reabsorbe el 60-75% de la bolsa, empieza a flotar y hay que empezar a comer (Delgado & Juárez 2021).

4.1.4 Alevinaje

Esta etapa abarca desde la recepción del saco vitelino hasta que el pez crece hasta un tamaño de 8 cm. En esta etapa se debe considerar una buena dieta rica en proteínas entre un 35% a 45% (Cano, 2015).

4.1.5 Sexado

“La diferenciación externa de los sexos se basa en que el macho presenta dos orificios bajo el vientre: el ano y el orificio urogenital, mientras que la hembra posee tres: el ano, el poro genital y el orificio urinario. El ano está siempre bien visible; es un agujero redondo. El orificio urogenital del macho es un pequeño punto. En algunas especies la papila genital está bien desarrollada y dividida en largos filamentos blanquecinos, que durante el período de reproducción pueden alcanzar varios centímetros.” (Perez, 2015, p.11)

El sexado por observación de características externas es una técnica que se basa en la morfología sexual secundaria. En esta técnica, se observan las características sexuales secundarias de los peces, como el tamaño y la forma de la papila urogenital, el color y tamaño de las aletas y la forma del cuerpo, para determinar el sexo de estos. Esta técnica es ampliamente utilizada en la producción de tilapia, aunque presenta limitaciones en la identificación de sexos en etapas tempranas del desarrollo (López 2018)

Se basa en la observación de las gónadas de los peces mediante el uso de un endoscopio. Esta técnica es más precisa que la observación de características externas y se puede utilizar en

etapas tempranas del desarrollo, pero requiere un equipo especializado y personal capacitado (Baroiller ., 2009).

4.2. Reproductores y su Acondicionamiento

Los reproductores crecen a una densidad de 400-800 kg/ha, el aumento del flujo de agua dentro del estanque promueve el proceso de maduración, y la alimentación es un factor importante que afecta la posterior producción de huevos y larvas (salud, cantidad, tamaño y calidad de los huevos puestos). La ración utilizada en el mantenimiento de reproductoras es alta en proteína (35%), servida con pescado fresco o congelado o hígado crudo en los meses previos a la cría para mejorar el producto sexual (últimos meses de invierno) (Gonzales ., 2016).

“A bajas temperaturas, durante el invierno, la ingesta de alimento se reduce y también lo hace el metabolismo de los peces, como resultado, los nutrientes del alimento se utilizan de manera deficiente y pueden desperdiciarse, lo que es provoca un uso ineficiente de los preciados ingredientes de alimentos” (Tillner, 2022).

Se recomienda que reproductores en general cumplan con las siguientes características:

- Cabeza pequeña y redondeada.
- Tener buena conformación corporal.
- Ser dominantes en el lote y haber alcanzado la madurez sexual.
- Cuerpo proporcionalmente ancho en comparación con su talle de largo y la cabeza debe caber más de 1.5 veces en el ancho del cuerpo.
- Debe tener buena coloración. (Alcantar ., 2015)

4.3 Manejo Reproductivo

Existen 3 tipos de manejo reproductivo en donde podemos utilizar nuestros ejemplares de manera directa, el primero de ellos es el natural, en donde tenemos machos y hembras y se juntan en un estanque siendo el método más económico. También tenemos el semiartificial, en donde utilizamos un químico extraído de la pituitaria, al inyectarlo al macho este soltara el esperma para luego en otro estanque ser fertilizados por hembras. Y el ultimo manejo reproductivo y más utilizado es el artificial, en donde inyectamos tanto la hembra como el macho con el químico extraído de la pituitaria, para producir esperma y huevecillos que serán mezclados en un recipiente para luego ser dejados en un pequeño estanque ya fertilizados (Delgado et. al. 2021).

Capítulo 5. Reversión Sexual en cultivos Piscícolas de Tilapia nilótica

Capítulo donde ahondaremos, acorde al tema de reversión sexual para machos en Tilapia, cultivos mono sexo, utilización de temperatura y manejo químico.

5.1. ¿Cómo Obtener la Reversión sexual de Tilapia nilótica?

Según Méndez, et al (2017) menciona que se deben utilizar métodos de “inducción sexual” en Tilapia, los cuales consisten en la aplicación de esteroides u hormonas, en un lapso de 30 días, con esto se garantiza un periodo más corto de crianza, se evita un desarrollo gonadal, también obtenemos un crecimiento más rápido, y un desarrollo en canal óptimas para el mercado.

ABC Rural (2018) especifica que esta práctica de reversión sexual permite repoblar con una cantidad de machos de esta especie tilapia, al cabo de 30 días de estar interviniéndolos con la hormona específica, esto crea una ventaja puesto que estos machos son entregados a productores para su respectiva etapa de engorde, los machos son deseados puesto que tienen una mejor conversión alimenticia y mejor ganancia de peso que las hembras, siendo óptimos para su comercialización.

5.2 Inducción Sexual y Desarrollo de las Gónadas

En esta etapa los alevines no han desarrollado sus gónadas, por esos a esta etapa se le conoce como inducción sexual, haciendo referencia que su transformación no es de tipo genético si no de tipo fenotípico. Como en el tratamiento no se han seleccionado machos o hembras inicialmente es incorrecto decir, que es un proceso de atrofiación. Se toma como termino de atrofiación sexual, al cambio natural o inducido de las gónadas ya sea hembra o macho de una

especie, es por eso por lo que en este caso llamaremos al proceso como desarrollo gonadal (Tuzine T.A.R. 2022).

5.3 Reproducción de Tilapia nilótica

Para la siembra de reproductores de Tilapia nilótica, se debe tener en cuenta que la densidad debe ser de 2 peces por metro cuadrado, y se coloca un macho por cada dos o tres hembras depende de la cantidad de alevines que se deseen se requerirá la cantidad de reproductores en el estanque. Teniendo en cuenta una relación en producción si se requieren 370 alevines, necesitaremos una hembra de 200 grs aproximadamente, estas hembras reproductoras deberán tener una dieta del 29% aproximado en proteína, en cantidades del 2% de su peso en vivo, esta medida debe ser regulada puesto que, si lo hacemos demás, estaríamos expuestos a un engrasa miento o presencia de tejido adiposos en el aparato reproductor (Gonzales, A. 2019).

Al cabo de 15 días podemos ver las crías, algunas con saco vitelino y otros ya desarrollados, procedemos luego a retirar las crías de los reproductores a un estanque de 23 cms de profundidad aproximadamente.

5.4 Alevines Utilizables para el Tratamiento de la Reversión Sexual

Urdiales, V. (2015) explica que teniendo seleccionado los alevines, podemos iniciar el método de reversión sexual, mediante la hormona 17 alfa metil testosterona, la cual se le administrara durante 28 días en el alimento, lo alevines empezaran a comer 3 días después de que su saco vitelino se haya absorbido. En este tiempo no es posible observar las gónadas de los alevines. Debido a esto es posible transformar hembras genotípicas en machos viables.

5.4.1 Testosterona.

Urdiales, V. (2015) afirma que las hormonas naturales son menos eficaces que las hormonas sintéticas, como ejemplo de ellas están: metil androstrandiol, 17 metil testosterona, y androsterona, cabe recalcar que naturalmente la testosterona es una hormona que se produce en las gónadas masculinas.

Jaramillo, B. (2019) menciona que existen también otras hormonas sintéticas como son: propio innato de testosterona (PT), enantato de testosterona (ET), pero la más efectiva es el 17 alfa metil testosterona, todas estas utilizadas para la reversión sexual en tilapias.

5.5 Métodos de Aplicación de la Testosterona

Montoya, T. (2015) Define que existen 3 formas de aplicación de la hormona para reversión sexual en Tilapias, la primera de ellas es mediante una aplicación directamente en el agua donde están los peces, el segundo método es mediante una inyección subcutánea al pez, estas dos formas de aplicación fueron muy usadas en salmones y poecilidos, que son peces que habitan mayormente en aguas dulces y muchos de ellos ornamentales. Y el último método, pero más efectivo es la aplicación de la hormona en el alimento en proporción de 60 mg/kg, durante 28 días con una proteína cercana al 43%.

5.6 Valoración de la Reversión Sexual

Según Pérez, et al. (2015) Explica que se debe hacer un muestreo aproximado del 10% de la población de alevines, y de esta muestra los peces deben tener un peso de más de 50 grs, y también otras características morfológicas como son presencia de mandíbulas y aletas de mayor tamaño, para demostrar que fue eficiente el método de reversión sexual. También para diferenciar el sexo de los alevines se recomienda utilizar azul de metileno esta tinción utilizarla en la parte inferior del pez, y allí se podrá apreciar dos vejigas para machos y tres para hembras.

Young, B. (2019) afirma que existe otro método de confirmación, acerca del sexo de los alevines mediante una disección de la vejiga natatoria diferenciando tanto las gónadas de hembra o macho, teniendo como desventaja el sacrificio de los peces observados, pero con una confirmación más acertada.

5.7 Procedimientos para Controlar la Reproducción en la Tilapia Nilótica

5.7.1 Cultivos Monosexo.

Este método se trata de tener en un estanque gran cantidad de alevines, y en un lapso aproximado a 2 meses se retiran los de mayor talla aproximado en 25 grs, teniendo en cuenta que los machos alcanzan más rápidamente el peso deseado que las hembras, esto tiene como desventaja el llegar a tener hembras en el estanque y en el sexado, este método tiene una efectividad apenas del 86% (Aguinaga, Ch. 2019).

5.7.2 Hibridación.

Se utilizan cruces de dos especies diferentes de tilapia, las cuales anteriormente estudiadas, se conocen el resultado de su fenotipo sexual, siendo así como se muestra en el cuadro, este tiene como finalidad no depender de las hormonas esteroides, evitar el sobre poblamiento de peces, y obtener peces con un mejor color (Jaramillo, B. 2019).

Tabla 1.

Línea materna	Línea paterna	Nota
		Usado comercialmente, resultados inconsistentes 85-99% efectividad INCODER (2006); LIAO & CHEN, 1983; WOHLFARTH (1994) efectividad del 59-81%; DEVLIN & NAGAHAMA (2002) arroja 50-100% machos

Progenies machos (100%), alguna aplicación comercial.

Progenie 100% monosexo macho

85-99% machos

Progenie (100%) monosexo macho

Progenie (100%) monosexo macho

Progenie (100%) monosexo macho

En relación con los procedimientos para controlar la reproducción en Tilapia, se pueden identificar, las distintas especies para producir supermacho. Tomado de

[Tabla] Hahn & Grajales, 2021. Fuente:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-30682012000100013

5.7.3 Obtención de peces supermacho.

Este método se realiza con el fin, de evitar al máximo el uso de hormonas esteroides, haciendo uso de dos especies. Que por sus características se pueden invertir sus sexos, y contienen genes dominantes para “Y”, es decir feminizamos individuos XY para cruzar XY masculinos, el resultado nos dará en proporción, 1XX, 2XY, 1YY, siendo este último conocido como Super macho. Teniendo con certeza que cualquier cruce con estos últimos individuos me resultaran machos. (Urdiales, V. 2015).

5.7.4 Método por alimento hormonado.

Se realiza teniendo en cuenta factores, factores como temperatura, tamaño de la dosis, densidad de población, tamaño del alevín, cantidad de alimento, estos factores pueden ser concluyentes en la efectividad del tratamiento, según investigaciones la hormona 17 alfa metiltestosterona es la más efectiva para el proceso de reversión, como su nombre lo indica la hormona se le adiciona dependiendo de la cantidad de alimento suministrado, al tercer día de eclosión de los alevines siendo este método el más utilizado en la actualidad (Tocain, B. 2019).

Tabla 2.

Referencia	Especie	Esteroides y dosis (mg/kg de alimento)	Tiempo (Días)	Resultado
Clemens e Inslee (1968)	O. mossambica	Metiltestosterona 30 y 60 mg	69	100% machos
Nakamura y Takahashi (1973)	O. mossambica	MT 50-100 Mg	19-40	100% hembras
Jalbert et al. (1974)	O. nilótica	MT 40 Mg	60	100% machos
Guerrero (1975)	O. aurea	MT 15-30-60 Mg	21	85-96-100% machos
Nakamura (1975)	O. mossambica	Etinilestradiol 50 Mg	10-25	100% hembras
Guerrero (1976)	O. mossambica	MT	14-21-28	69-93-98% machos
Guerrero (1976)	O. mossambica	MT 50 Mg	40	100% machos
Tayamen & Shelton (1978)	O. nilótica	MT 60 al 10& biomasa	35-35-39	100% machos
Hopkins (1979)	O. aurea	Etinilestradiol 25 Mg	42	50% hembras
Jansen (1979)	O. aurea	Estrona y 17 estradiol 30-60-120 Mg	21-35	62-50-42% hembras

La imagen nos muestra diferentes tipos de andrógenos frente a una dosis determinada en diferentes especies de tilapia, y sus resultados. Tomado de.

[Imagen] Hahn & Grajales, 2021. Fuente.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-30682012000100013

5.7.5 Androgénesis.

Es la inducción de organismos diploides viables utilizando ADN de origen exclusivamente paterno, es una técnica potencialmente valiosa con una amplia gama de aplicaciones. La androgénesis inducida consiste en duplicar el complemento espermático haploide en óvulos irradiados con rayos UV mediante un choque térmico (42,5°C durante 4 minutos a 25-27,5 minutos después de la fecundación) para inhibir la primera mitosis. Los bancos de genes criaron conservados de muchas especies acuáticas han sido difíciles de producir

debido a las dificultades para criar y conservar los huevos. Mediante la androgénesis se pueden recuperar organismos utilizando únicamente espermatozoides criados y conservados. (El-Saadony, 2021)

Los peces androgénicos inducidos son totalmente consanguíneos y pueden ser útiles para fundar líneas clonales. Además, en especies como la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), donde el macho es heterogamético "XY", es posible producir machos homogaméticos "YY" como reproductores para prole exclusivamente masculina. La androgénesis ha demostrado ser un método eficaz para recuperar poblaciones de peces utilizando espermatozoides criados y conservados como fuente genética. (Cnaani 2013, p5 citado por Zhou et al. 2015).

Capítulo 6. Innovación de la Reproducción en Tilapia nilótica

En este capítulo trataremos de los avances tecnológicos o aportes de mejoras en cultivos de Tilapia, más comúnmente conocido como biotecnología de la Reproducción, año tras año aparecen nuevos métodos, en pro a la producción a gran escala.

En una investigación del Perú, (García, 2021) compara dos sistemas de incubación artificial uno vertical hecho en fibra de vidrio y el otro horizontal llámese botella de plástico de capacidad de 3000 ml, el total de ovocitos era de 3900 en cada experimento, teniendo en cuenta que tenían sistema de recirculación en ambos tratamientos, la tasa de eclosión fue de 0.9084 y 0.6569 para la incubadora vertical y horizontal respectivamente. La mortalidad de huevos fue de 9.16% y 34.31% para la incubadora vertical y horizontal, respectivamente. La mortalidad de larvas fue de 1.83% en las incubadoras vertical y 3.71% en las incubadoras horizontal. La producción de alevines fue de 89.18% y 63.26% para las incubadoras vertical y horizontal, respectivamente.

Tratándose de investigar el crecimiento de alevinos (Nole, 2016) compara dos tratamientos haciendo uso del fotoperiodo, el T1 24 horas de luz con cero horas de oscuridad, T2 12 horas de luz con 12 horas de oscuridad, ambos con sistema de recirculación, los resultados obtenidos fueron; el T1 con mayor conversión alimenticia (gr/día) y talla, con respecto al T2.

Según (Hashem, 2022) en un estudio, utilizo marcadores de secuencias cortas (SSR) para el sexado en Tilapia nilótica en un estado precoz de alevinaje, con ello analizo los genes relacionados con el sexo, y los cromosomas sexuales. Utilizo tejido de la aleta de los peces examinados para la extracción del ADN y para la amplificación de los SSR y la determinación del sexo; se probaron veintiún pares de cebadores de marcadores SSR probados, se observó que

las hembras eran homocigóticas y los machos era homocigóticos y heterocigóticos para bandas alternativas. En conclusión, los resultados del presente estudio y los anteriores confirman la posibilidad de utilizar marcadores de repetición de secuencias cortas (SSR) en la determinación del sexo de especies de peces, entre ellas la tilapia del Nilo (

Según (Pauly, 2021) en una investigación realizada en Canadá, el crecimiento, el tamaño en la madurez, el índice gonadosomático (GSI), el tamaño de los huevos y la fecundidad absoluta de la tilapia del Nilo (se vieron afectados de forma significativa por los niveles de oxígeno ($1,5 \pm 1,0$, $2,8 \pm 1,4$ y $6,0 \pm 1,8$ mg-L⁻¹) en un experimento controlado diseñado para comprobar una hipótesis. El tamaño en la madurez y el tamaño o talla estimada disminuyeron con la disminución de la concentración de O₂, como predice la hipótesis de Pauly.

Los resultados también cuestionan la hipótesis de que el retraso del crecimiento sea un mecanismo único de reclutamiento, ya que los peces más pequeños del grupo con baja concentración de oxígeno produjeron huevos más pequeños y en menor cantidad que los peces más grandes del grupo con alta concentración de oxígeno.

Discusión

De las evidencias anteriores, la Tilapia nilótica hembra, suele madurar reproductivamente más rápido que el macho, esta área de estudio coincide con las investigaciones de Hassain (2015) y Arboleda, (2022), partiendo de las investigaciones anteriores, la hembra pierde peso y talla al momento de incubar los huevecillos en su boca, en cambio el macho seguirá ganando más tamaño ya que se seguirá alimentando.

A lo largo del tiempo la Tilapia Nilótica se ha venido utilizando, desde el año 4000 en el antiguo Egipto, información que concuerda con los estudios de Ruiz (2020) y FAO (2019), este último autor complementando en que los años más importantes para la distribución de Tilapia nilótica en el mundo fue en la década de los 60.

La presente investigación también concluyo, que el sexado por endoscopia es más efectivo y se puede observar en etapas de desarrollo tempranas, dicho así en el estudio de Baroiller (2009) que contrasta con la investigación de López (2018), el cual presenta poca exactitud de sexado en edades tempranas o larvarias, puesto que utiliza una técnica de observación de características externas.

Con respecto a los resultados, la técnica de reversión sexual en Tilapia Nilótica busca obtener solo machos, en efecto por que alcanzan la talla y el peso ideal para suplir la demanda del mercado, estas premisas están de acuerdo con los estudios de Méndez (2017) y lo complementa ABC rural, (2018) quienes señalan esta técnica como la más efectiva.

Conclusiones

En síntesis, dentro de las especies de Tilapia más importantes, la de mejor rendimiento productivo y reproductivo es la Tilapia Nilótica, puesto que en sus registros encontramos que se reproduce por encima de los 18C°, se obtienen descendencias grandes en sus primeros cruces, y en cuanto a su porcentaje de reversión es el de mejores resultados con promedios del 90% al 100% de machos.

De acuerdo con la investigación realizada, el uso de la hormona 17 alfa metil testosterona, su dosis recomendada es de 1000, 1500, y 2000 ug/L, el uso desmedido de esta sustancia ocasiona lesiones, tanto en el animal como en el ser humano puesto que este último es el consumidor final.

De las evidencias anteriores, tomamos en acotación 3 métodos de reversión sexual, el térmico, el genético, y el hormonal, siendo el térmico el más utilizado actualmente haciendo uso de un choque de temperatura mayor de 30C°, evitando así el uso de hormonas químicas que, en efecto, pueden dejar residuos en la epidermis del animal ocasionando rechazo en el mercado.

En síntesis, de acuerdo con esta investigación, para avances zootécnicos es necesario experimentar reversión sexual hormonal en otras especies productivas, en pro a avances tecnológicos.

Referencias

- ABC Rural (2018) Reversión sexual en peces. V(2)
<https://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/abc-rural/reversion-sexual-en-peces-1731668.html>
- ACOSTAAKE, F. M. (2016). Determinación de coliformes totales y fecales en el pez oreochromis niloticus y en el agua superficial del sistema lagunar" La Sabana" en la ciudad de Chetumal Quintana Roo.
- Arboleda, D. (2022) Reversión Sexual de las Tilapias Rojas (), una guía básica para el acuicultor. V (12),
https://www.researchgate.net/publication/26423810_Reversion_sexual_de_las_Tilapias_Roja_Oreochromis_Sp_una_guia_basica_para_el_acuicultor.
- Altamirano Bucardo, V. D., & Meza Castillo, Y. I. (2020). Manual de bioseguridad para granjas piscícolas de tilapia (*Oreochromis Niloticus*) en Managua, Nicaragua, 2020.
- Alvarado-Ruiz, C. (2015). Comparación del crecimiento de machos y hembras de la tilapia *Oreochromis Niloticus* cultivadas en jaulas. , (1), 1-15.
- Arrigon, J. (1994) Ecología y Piscicultura En Aguas Dulces; Trad. Benito y J Martínez 2ª Edición., Ediciones Mundi – Prensa Madrid 206 pp.
- AUNAP. (2017). "Por medio de la cual se establece los requisitos y el procedimiento para la expedición del permiso de pesca comercial artesanal a persona natural y jurídica en el territorio nacional". Obtenido de www.aunap.gov.co/wp-content/uploads/2017/06/resolucionultima-v-requisitos-y-procedimientos-para-perm.-pesca-comerc.-artesanl.pdf
- Baroiller, J.; Desprez, D.; Carteret, Y.; Tacon, P.; Borel, F.; Hoareau, M.C.; Melard, C. Y Jalabert, B. (1997). La Influencia de Factores Medioambientales y Sociales en la Eficacia Reproductor en Tres Especies de Tilapia, *Oreochromis Niloticus*, *O.*, *Aureus*, y *Tilapia Roja*. New York. pp. 238-252.
- Baroiller, J. F., D'Cotta, H., & Bezault, E. (2009). Tilapia sex determination: where temperature and genetics meet. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 153(1), 30-38.
- Bartley, D. M., Brummett, R. E., & Tweddle, D. (2017). *Tilapia: A guide to their biology and culture in Africa*. CABI.
- Blanco M.C. (1995) La Trucha. Cría Industrial. Ediciones Mundi Prensa. Buenos Aires. pp 311 – 360
- Buitrago, R. (2019) Análisis Bibliométrico sobre la producción Científica.
- Burrows, R. E. y Chenoweth, H. H. (1970): The rectangular circulating rearing pond. *Progr. Fish. Cult.*, 32p.

- Cano Chunga, E. G. (2015). Evaluación del crecimiento de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) Tilapia nilótica en primer alevinaje, cultivada en estanques a dos densidades, en Curumu.
- Centro tecnológico de la acuicultura. (2017). Alimentación optimizada para tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) de Senegal. <https://www.ong-aida.org/wpcontent/uploads/2017/06/Informe-Alimentaci%C3%B3n-Tilapia-v2.pdf>
- Corona Lisboa, J. L. (2015). Uso e importancia de las monografías. *Revista Colombiana de Biología*, (1), 64-68.
- Cuellar, J. (2021) Ciclo Reproductivo de la Tilapia, *Revista Colombiana de Biología*, (1), 1-10.
- Delgado Benavides, D. M., Juárez Berrios, C. J., & Olivás Saavedra, A. Y. (2021). *El ciclo reproductivo de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en un sistema de cultivo en estanques*. (Doctoral dissertation).
- El-Saadony, M. T., Alagawany, M., Patra, A. K., Kar, I., Tiwari, R., Dawood, M. A., ... & Abdel-Latif, H. M. (2021). The functionality of probiotics in aquaculture: An overview. *Journal of Applied Aquaculture*, (1), 36-52.
- Espinosa Moya, E. A., Angel Sahagun, C. A., Mendoza Carrillo, J. M., Albertos Alpuche, P. J., Álvarez-González, C. A., & Martínez-Yáñez, R. (2016). Herbaceous plants as part of biological filter for aquaponics system. *Journal of Applied Aquaculture*, (6), 1716-1726.
- Estévez, M. (1990) Manual de Piscicultura Santo Tomas. (U. S. T. A.) Bogotá 230 pp.
- Equipo editorial, Etecé. De: Argentina. Para: *Humanidades*. Disponible en: <https://humanidades.com/monografia/>. Última edición: 6 marzo, 2023. Consultado: 4 septiembre, 2023. <https://humanidades.com/monografia/#ixzz8CNSEJhoY>
- FAO. (2016). Cultivo de tilapia. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i5016s.pdf>
- FAO. (2019). *Oreochromis niloticus*. In *Cultured aquatic species fact sheets*. Text by Rakocy, J. E. Edited and compiled by Valerio Crespi and Michael New. CD-ROM (multilingual).
- FAO. 2009. *Oreochromis niloticus*. In *Cultured aquatic species fact sheets*. Text by Rakocy, J. E. Edited and compiled by Valerio Crespi and Michael New.
- Fukushima Nagaoka, M. M., Calderón, R. A., Castillo Castillo, G. A., Deza, C. 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. *Revista Colombiana de Biología*, (3), 321-331.
- García, C., & Vélez, J. P. (2015). Manejo artificial de la incubación de tilapia roja en la estación piscícola de san pablo teorama (norte de santander) artificial management incubation of red tilapia fish in san pablo teorema (north santander). *Revista Colombiana de Biología*, (1), 13.

- García García, O. (2021). Incubación de huevos de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)“Tilapia nilótica” en dos sistemas de incubación en el centro acuícola del Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero (FONDEPES)–Piura–Perú–2018.
- Gonzales Aguirre, F. M. (2019). Efecto de la densidad de embriones de *Oreochromis niloticus* (tilapia gris), sobre la eficiencia de incubación, sin recambio de agua.
- González, A., Ramírez, J., Jaramillo, D., López, S., Rodríguez, C., Vélez, E., ... & Tobón, O. (2016). Manual de producción y consumo sostenible Gestión del recurso hídrico Cultivo de trucha y Tilapia.
- Hashem, M. H. (2022). Early sexing of *Tilapia nilotica* (*Oreochromis niloticus*) by using short sequence repeats (SSRs) molecular markers. , (2), 22-25.
- Hepher, B. (1993) Nutrición de Peces Comerciales en Estanques, Noriega Editores, México, 406 p.
- Hossain, M. A., Nahar, N., & Asaduzzaman, M. (2015). Tilapia breeding and seed production. Bangladesh Fisheries Research Institute (BFRI), Mymensingh, Bangladesh.
- Hulata, G. (2001). Genetic manipulation in tilapia: status and prospects.
- Ibarra Sánchez, J. G. (2019).
(Bachelor's thesis).
- Jaramillo Barrionuevo, D. P. (2019).
(Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Lee, C. S., & Hwang, G. L. (1998). Handbook on the laboratory breeding of tilapia. Foor

- Méndez, M. & Quintanilla, M. (2017) Manual de Inducción Sexual de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*) en el Salvador Centroamerica, 45p.
- Molina, L. Y. R., Pinto, V. H. T., & García, J. J. B. (2017). Uso de herramientas tecnológicas en la producción piscícola: Una revisión sistemática de literatura. *Revista Colombiana de Acuicultura*, (2), 47-56.
- Montoya Toapanta, D. X. (2014). *Uso de herramientas tecnológicas en la producción piscícola: Una revisión sistemática de literatura*. (Bachelor's thesis, Universidad de Cuenca).
- Mulema, S. A., & García, A. C. (2019). Monitoring of an aquatic environment in aquaculture using a MEWMA chart. *Journal of Applied Statistics*, (46), 275-280.
- Nguyen, T. T. T., Lin, Y. C., & Chang, S. L. (2020). *Uso de herramientas tecnológicas en la producción piscícola: Una revisión sistemática de literatura*. (Bachelor's thesis, Universidad de Cuenca).
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2009). *Oreochromis niloticus*. In cultured aquatic species fact sheets. http://www.fao.org/temprefFI/DOCUMENT/aquaculture/CulturedSpecies/file/es/es_nile_tilapia.htm.
- Perdomo-Carrillo, D. A., Perea-Ganchou, F., Moratinos-López, P. A., González-Estopiñán, M., Reyna-Camacho, Y. M., & Corredor-Zambrano, Z. A. (2017). Recolección semanal de huevos embrionados de tilapias (*Oreochromis* spp.) como estrategia productiva en tanques de concreto. *Revista Colombiana de Acuicultura*, (6), 393-402.
- Pérez Muñoz, M. M., & Sáenz Ramos, M. I. (2015). *Uso de herramientas tecnológicas en la producción piscícola: Una revisión sistemática de literatura*. (Doctoral dissertation, Universidad de Cuenca).
- Pulido, L. L. H., Mora, C. M., Hung, A. L., Dong, H. T., & Senapin, S. (2019). Tilapia lake virus (TiLV) from Perú is genetically close to the Israeli isolates. *Journal of Applied Statistics*, (46), 61-65.
- Ríos, R. (2012). *Cartilla Practica para el Cultivo de Tilapia (Oreochromis sp.)*. (Bachelor's thesis, Universidad de Cuenca).
- Rodríguez-Rúa, A., Castro-Alonso, L., Alcantar-Vázquez, JP, & Ortiz-Galindo, JL (2021). Descripción general de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) y sus aplicaciones en la acuicultura. *Animales*, 11(3), 701.
- Rodríguez, R. N. (2017). *Uso de herramientas tecnológicas en la producción piscícola: Una revisión sistemática de literatura*. (Bachelor's thesis, Quito).
- Ruiz-Chico, J., Biedma-Ferrer, J. M., Peña-Sánchez, A. R., & Jiménez-García, M. (2020). Social acceptance of aquaculture in Spain: an instrument to achieve sustainability for society. *Journal of Applied Statistics*, (47), 6628. <https://digitum.um.es>
- Sanabria, Y. A. P. (2016). Historia de la Acuicultura en Colombia. *Revista Colombiana de Acuicultura*, (37). <http://www.revistaaquatic.com/ojs/index.php/aquatic/article/viewFile/146/135>

- Suresh, A. V. (2016). Últimos avances en el manejo de reproductores de tilapia. *Revista Colombiana de Acuicultura*, *10*(1), 1-14.
- Takishita, S. S., de Oliveira, K. F., Flores-Lopes, F., Tavares-Braga, L. G., Teixeira-Lanna, E. A., & de Azevedo, R. V. (2015). Responses of Nile tilapia to different levels of water salinity. *Journal of Applied Aquaculture*, *5*(5), 828-835.
- Tillner (2022) Nutricion Estacional: Combinando los alimentos para peces con su Fisiologia. *Trabajo de Grado*.
- Tocaín Bolaños, D. A. (2019). *El cultivo de tilapia (Oreochromis niloticus) en Ecuador*. (Bachelor's thesis).
- Totocayo, N. H. TILAPIA: La alternativa social y económica del tercer milenio c . *Trabajo de Grado*.
- Tuzine, T. A. R., Freitas, R. T. D. F. D., Gaya, L. D. G., Paula, D. A. D. J., Tuzine, M. S., & Felizardo, V. D. O. (2022). Hormonal induction and synchronization in the reproduction of nile tilapia (*Oreochromis Niloticus*). *Journal of Applied Aquaculture*, *5*(5), 1-14.
- Urdiales Vallejo, V. E. (2015). *El cultivo de tilapia (Oreochromis niloticus) en Ecuador*. (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Vázquez, J. P. A., Santos, C. S., De La Torre, R. M., & Estrada, C. A. Manual para la. *Trabajo de Grado*.
- Young, B. J. (2019). *El cultivo de tilapia (Oreochromis niloticus) en Ecuador*. (Doctoral dissertation, Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata).
- Zhou, H., Xu, Q. Z., Zhang, R., Zhuang, Z. X., Ma, Y. Q., Wang, W., ... & Cao, X. (2018). Gonadal transcriptome analysis of hybrid triploid loaches (*Misgurnus anguillicaudatus*) and their diploid and tetraploid parents. *Journal of Applied Aquaculture*, *5*(5), e0198179.