

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**EFFECTO DE TEMPERATURA Y HORMONA 17 α -METILTESTOSTERONA EN
LA REVERSIÓN SEXUAL, SOBREVIVENCIA Y CRECIMIENTO DE ALEVINES
DE TILAPIA *Oreochromis sp.* EN FINCA LA PRIMAVERA EN SANTA MARÍA
DEL REAL, OLANCHO.**

POR:

FERNANDO JOSUE ISAULA MADRID

**TESIS PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**



CATACAMAS, OLANCHO HONDURAS, C.A.

Diciembre 2013

**EFFECTO DE TEMPERATURA Y HORMONA 17 α -METILTESTOSTERONA EN
LA REVERSIÓN SEXUAL, SOBREVIVENCIA Y CRECIMIENTO DE ALEVINES
DE TILAPIA *Oreochromis sp.* EN FINCA LA PRIMAVERA EN SANTA MARÍA
DEL REAL, OLANCHO.**

POR:

FERNANDO JOSUE ISAULA MADRID

Ing. WILFREDO LANZA NUÑEZ

Asesor principal

**TESIS PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

CATACAMAS, OLANCHO HONDURAS, C.A.

Diciembre 2013

DEDICATORIA

AL CREADOR DEL UNIVERSO por darme la oportunidad de vivir, por hacerme acreedor de sabiduría y entendimiento y por ser la claridad en toda mi percepción y por ser la salida a todo problema en cualquier circunstancia de la vida.

A mi madre **Martha Suyapa Madrid Martínez** por toda la confianza depositada en mi persona, por los sabios consejos, por estar siempre a mi lado, y por nunca dejarme de la mano.

A mis hermanos **Oscar Armando Isaula Madrid y Héctor Bayardo Isaula Madrid**, por todo el apoyo incondicional en todo momento, por estar siempre pendiente y por reflejar el espíritu como hermanos.

A mi novia **Carmen Cecilia Murillo Murillo** por apoyarme siempre, por llenarme de fuerzas para seguir en la lucha constante, y por sus consejos brindados.

CONTENIDO

I INTRODUCCIÓN	1
II OBJETIVOS	3
2.1 General.....	3
2.2 Específicos.....	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1 Generalidades.....	4
3.2 Clasificación taxonómica de la tilapia.....	4
3.3 Hábito alimenticio y hábitat de la tilapia.....	5
3.4 Requerimientos ambientales para el cultivo de tilapia.....	5
3.4.1 Temperatura.	6
3.4.2 Oxígeno.....	6
3.4.3 PH.	6
3.4.4 Dióxido de carbono.....	7
3.4.5 Amonio.	7
3.4.6 Dureza.	8
3.5 Ciclo de vida	8
3.5.1 Desarrollo embrionario.....	8
3.5.2 Larva	9
3.5.3 Alevín.....	9
3.5.4 Juvenil	9

3.5.5 Adulto	10
3.6 Madurez sexual	10
3.7 Reproducción	10
3.8 Recolección de alevines para reversión sexual.	11
3.9 Problemática que solventa la reversión sexual.	12
3.10. Andrógeno utilizado en el proceso de reversión sexual.	12
3.11 Acción de la hormona α metil testosterona.	13
3.11 Clasificación por sexo.	13
3.12 Antecedentes.....	14
IV MATERIALES Y METODOS	16
4.1 Ubicación del área de estudio	16
4.2 Materiales y equipo.....	16
4.3 Descripción de las unidades experimentales.	17
4.4.2 Variables dependientes a evaluar	19
4.4.3 preparación del alimento con MT	20
4.6 Diseño experimental	21
4.7. Muestreos.....	22
4.7.1 Primer etapa	22
4.7.2 Segunda etapa.....	22
V RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
5.1 Resultados de la temperatura por tratamiento.	23
5.2 Efecto de la temperatura y la concentración de hormona sobre el crecimiento en peso y longitud.	24
5.3 Análisis de sobrevivencia.....	28
5.4 Análisis de la eficiencia en la reversión sexual	29

VI CONCLUSIONES.....	32
VII RECOMENDACIONES	33
BIBLIOGRAFIA	34
ANEXOS	38

LISTA DE TABLAS.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos.	18
Tabla 2 Temperatura durante el proceso de reversión sexual.	23
Tabla 3Crecimiento de los alevines en peso y longitud.	26

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Temperatura promedio por tratamiento en la primer etapa del experimento (30 días).....	24
Figura 2. Peso promedio por pez al final de la primera etapa del experimento. En las diferentes temperaturas en combinación con las concentraciones de hormona.....	25
Figura 3. Porcentaje de masculinización de los tratamientos.	28
Figura 4. Porcentaje de machos por tratamiento.	30

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. ANOVA para la variable crecimiento en peso.	39
Anexo 2. ANOVA para la variable crecimiento en longitud.	39
Anexo 3. Pruebas múltiples de Tukey para la variable crecimiento en peso.	39
Anexo 4. ANOVA para la variable porcentaje de machos.	40
Anexo 5. Porcentaje de machos por repetición.	41
Anexo 6. Comportamiento de los alevines relacionado con la falta de oxígeno.	41
Anexo 7. Crecimiento en peso y longitud.	42
Anexo 8. Muestreo para determinar el porcentaje de machos de forma visual.	43

Isaula Madrid FJ. Efecto de la temperatura y la hormona 17α -metiltestosterona en la reversión sexual, sobrevivencia y Uniformidad de alevines de tilapia *Oreochromis sp.* en finca la Primavera en Santa María del Real, Olancho. Tesis Ing. Agrónomo. Catacamas, Olancho, Honduras. Universidad Nacional De Agricultura.

RESUMEN

La producción de alevines mono sexo a través de la reversión sexual o masculinización es lo que vuelve al cultivo de tilapia rentable y este se hace a través de la ingesta de una hormona, la más utilizada por su eficiencia es la 17α -metiltestosterona, pero este método se vuelve más eficiente si los alevines se someten a temperatura optima $28-32^{\circ}\text{C}$, el objetivo de obtener un cultivo monosexo es limitar la reproducción y al mismo tiempo permite seleccionar al sexo que ofrezca incrementar el rendimiento a fincas acuícolas en pequeña y a gran escala. El experimento se realizó en las instalaciones de un proyecto de tilapia impulsado por la misión de Taiwán, en Santa María del Real, Olancho, Honduras. se realizó con el objetivo de aumentar el porcentaje de machos en la etapa de engorde (90 días), disminuir la mortalidad en la etapa de reversión (30 días) tomando en cuenta el efecto de la temperatura y concentración de hormona sobre las variables crecimiento, porcentaje de machos y sobrevivencia. El estudio consistió en 4 tratamientos, 2 de ellos T1 y T2 se encontraban a temperatura controlada $28-32^{\circ}\text{C}$ con concentraciones de MT a 60 mg/kg y 66 mg/kg de alimento para cada uno, y a temperatura con un rango de $22-25^{\circ}\text{C}$ se sometieron los tratamientos 3 y 4 con las mismas concentraciones de MT mencionadas anteriormente para cada tratamiento respectivamente. Se utilizó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial de 2×2 siendo el factor "A" temperatura y el factor "B" concentración de hormona, se utilizaron cuatro estanques de los que se tomaron 40 alevines como muestra general para medir su peso y longitud. En la segunda etapa del experimento se evaluó el porcentaje de machos, para ello se tomaron 3 repeticiones de 40 peces por repetición, Cada unidad experimental fue un estanque circular de concreto, con una dimensión de 3 mts de largo por 1 mts de alto con una densidad de 531 alevines/ m^3 para un total de 3,000 alevines por tratamiento, con sistema de recambio de agua. Después de 90 días de observación y registro se realizó el análisis de los datos y se encontró diferencia entre los tratamientos para cada una de las variables, la temperatura mostro diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$), presentando mejor crecimiento los alevines que se encontraban en temperaturas de entre $28-32^{\circ}\text{C}$ (T1 y T2), para la variable porcentaje de machos se presentó interacción temperatura hormona obteniendo mejor respuesta en el T1 (95% de machos), para el T4 se observó un porcentaje de machos aceptable (88.33%). En cuanto a la variable de sobrevivencia se mostró un comportamiento similar de baja sobrevivencia en los tratamientos 1, 2,3 excepto el T4 el cual sobresale con 90% de sobrevivencia.

Palabras clave: alevín, hormona, temperatura, masculinización, crecimiento, sobrevivencia.

I INTRODUCCIÓN

La tilapia pertenece a la familia de los Cichlidae es de origen africano, se encuentra naturalmente distribuida por América Central, sur del Caribe, sur de Norteamérica y el sudeste asiático ubicándose principalmente en la zona tropical donde se dan las condiciones adecuadas para su crecimiento y desarrollo. La tilapia destaca por sus extraordinarias cualidades como ser: crecimiento acelerado, tolerancia a altas densidades y ha aguas poco oxigenadas, adaptación al cautiverio, aceptación a una amplia gama de alimentos, resistencia a enfermedades, carne blanca de calidad y amplia aceptación, han despertado gran interés comercial en la acuicultura mundial. Arroyo Mirian D. 2008.

Según la FAO, 2008. En Honduras la piscicultura ha crecido significativamente en los últimos años, al grado de ubicarnos como uno de los países latinoamericanos de mayor nivel de exportación de filete de tilapia.

Se han publicado los más destacados avances de este cultivo en áreas de la genética, reproducción, nutrición, enfermedades, calidad del agua, comercialización y proceso. Pero sin duda el haber logrado el control de su reproducción mediante el proceso de reversión sexual o masculinización, es uno de los más importantes avances que hacen al cultivo rentable, dado que la reversión del sexo se realiza con el propósito de obtener un cultivo monosexo y de este modo limitar la reproducción y al mismo tiempo permite seleccionar al sexo que ofrezca incrementar el rendimiento a fincas acuícolas en pequeña y a gran escala. Para que este proceso se realice de manera exitosa, debe tener como prioridad mantener la temperatura dentro de un rango de 28-32°C y como óptimo 30°C para favorecer el consumo de alimento (hormona) (Chatain et al. 1999, citado por Enciso Lizárraga S L. 2008)

La baja temperatura del agua representa una limitante en la finca la primavera en la zona de Santa María del Real, Olancho. Debido a que la Temperatura promedio del agua es de 24°C, por lo que se cree que influye en la sobrevivencia de los alevines y que además causa efecto en el proceso de reversión, haciendo ineficiente la masculinización. Esto incide directamente en la producción, ya que la tilapia se comienza a reproducir antes de alcanzar la talla al mercado, que oscila en 250-300 gr creando sobre poblaciones y produciendo tallas desuniformes.

En el presente estudio se plantea como objetivo principal evaluar el efecto de la temperatura y la concentración de la hormona 17 α -metiltestosterona en la reversión sexual de alevines de tilapia *Oreochromis sp.* durante el periodo de diferenciación sexual.

II OBJETIVOS

2.1 General

Evaluar el efecto de la temperatura y la concentración de la hormona 17α -metiltestosterona en la reversión sexual de alevines de tilapia *Oreochromis sp.* durante el periodo de Diferenciación Sexual.

2.2 Específicos

- Evaluar el efecto de la temperatura en la reversión sexual, sobrevivencia y crecimiento.
- Medir el efecto de la 17 MT en el alimento durante el periodo de reversión sexual y crecimiento en peso y longitud.
- Evaluar la correlación entre la temperatura y la hormona 17 MT en la reversión sexual, crecimiento, sobrevivencia y porcentaje de machos de la tilapia *Oreochromis sp.*

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Generalidades

Los peces denominados genéricamente “Tilapias” han suscitado y recibido, quizás, mayor atención que cualquier otro grupo de peces en todo el mundo debido a sus características debido a su crecimiento acelerado, tolerancia a altas densidades y aguas poco oxigenadas, adaptación al cautiverio entre otras.

En la década de los 80 la disponibilidad comercial de alimentos para animales acuáticos y el desarrollo de técnicas para la producción masiva de cultivos monosexo de tilapia, permitieron el crecimiento rápido de cultivos comerciales en América Latina y el Caribe. La producción comercial empezó en Jamaica en 1983, se extendió a Colombia, poco después a Costa Rica, Brasil, Ecuador, Honduras, Nicaragua y Venezuela. Actualmente, se tiene información de su cultivo a nivel comercial en más de 65 países, la mayoría situados en los Trópicos y Subtrópicos. Castillo (2001).

3.2 Clasificación taxonómica de la tilapia.

REYNO: Animalia

PHYLUM: Vertebrata

SUBPHYLUM: Craneata

SUPERCLASE: Gnathostomata

SERIE: Pisces

CLASE: Teleostomi

SUBCLASE: Actinopterygii

ORDEN: Perciformes

SUBORDEN: Percoidei

FAMILIA: Cichlidae

GENERO: Oreochromis

ESPECIE: niloticus, (Linnaeus 1758)

3.3 Hábito alimenticio y hábitat de la tilapia.

La tilapia (*Oreochromis* sp.) es un animal omnívoro que se alimenta de fitoplancton, perifiton, plantas acuáticas, pequeños invertebrados, fauna béntica, desechos y capas bacterianas asociadas al detritus. La tilapia del Nilo puede filtrar alimentos y numerosas partículas suspendidas en el agua, incluyendo el fitoplancton y bacterias que atrapa en las mucosas de la cavidad bucal, si bien la mayor fuente de nutrición la obtiene pastando en la superficie sobre las capas de perifiton. Manual de Producción... (Sf.)

Por lo general habitan en su medio natural en zonas poco profundas y tranquilas de lagunas y lagos, sin embargo en acuicultura se pueden cultivar en varios sistemas, desde estanques rústicos para cultivo extensivo o semi intensivo, hasta tanques de concreto, canales de corriente rápida o jaulas flotantes para cultivo intensivo. La tilapia es un pez muy adaptable a diferentes condiciones ecológicas. Vive en ambientes loticos, pero preferiblemente lenticos.

3.4 Requerimientos ambientales para el cultivo de tilapia.

Es importante que los parámetros fisicoquímicos del agua se mantengan dentro de los rangos ideales para su cultivo. La calidad del agua está determinada por sus propiedades fisicoquímicas, entre las más importantes destacan, la temperatura, el oxígeno disuelto, pH, concentraciones de amonio (NH_4), dióxido de carbono (CO_2) entre otras. Heredia, citado por Betancohurth 2009.

3.4.1 Temperatura.

La temperatura ejerce un pronunciado efecto sobre los procesos acuáticos químicos y biológicos. A pesar de la fácil adaptación de la tilapia a diferentes ambientes las temperaturas por debajo de los 12°C son letales, tolera 8°C por 3 o 4 horas, sobrevive por largos periodos a 5°C, durante los meses fríos los peces dejan de crecer y el consumo de alimento disminuye, a 42°C mueren.

Desova 5 a 7 veces al año entre 22 y 24°C. Su crecimiento óptimo ocurre alrededor de los 28°C y 32°C. (Cala Plutarco y Bernal Gloria. 1997.). La tilapia es animales poiquiloterma, lo que significa que no puede regular significativamente su temperatura corporal generando calor, se caracterizan porque la temperatura corporal varía con la del ambiente.

3.4.2 Oxígeno.

La tilapia del Nilo es una de las especies más tolerantes a fluctuaciones de oxígeno, niveles por debajo de 3 ppm los soporta sin mayores consecuencias, incluso llega a tolerar periodos largos en aguas hipoxicas, el oxígeno es uno de los parámetros más importantes dentro de los procesos de la reproducción, los niveles deseados están sobre los 6 ppm, (Cala Plutarco y Bernal Gloria. 1997.) La concentración ideal para un buen crecimiento se encuentra de 5 mg/l de oxígeno disuelto en adelante, lo cual es difícil de conseguir en sistemas extensivos o semi - intensivos. La tilapia tiene la facultad de reducir el consumo de oxígeno cuando las concentraciones del medio son bajas, inferiores a 3 mg/l aquí el pez disminuye su metabolismo.

3.4.3 PH.

El rango óptimo de pH se encuentra entre 6.5 – 8.5, siendo el óptimo 7.5, en aguas cálidas la fotosíntesis normalmente lo eleva hasta 9-10, disminuyendo hacia la noche al

incrementarse el dióxido de carbono (CO₂). Valores por encima o por debajo de los óptimos, ocasionan aletargamiento, sucediendo lo mismo en caso de presentarse grandes oscilaciones, la reproducción se detiene y el crecimiento se reduce. Valores de Ph por debajo de 4 y por encima de 11 son mortales, pero la muerte puede presentarse entre 2 y 6 horas al sobrepasar estos rangos. Los valores letales son: ácido con un Ph de 2 a 3, alcalino con un pH de 11 ó mayor. (SAGPYA 2006).

3.4.4 Dióxido de carbono.

Es un producto de la actividad biológica y metabólica, su concentración depende de la fotosíntesis. Debe mantenerse en un nivel inferior a 20 ppm, porque cuando sobrepasa este valor se presenta letargia e inapetencia.

3.4.5 Amonio.

Es un producto de la excreción y descomposición de la orina de los peces y de la materia orgánica acumulada por el alimento no consumido. El amonio no ionizado en forma gaseosa es el primer producto de excreción de los peces, altamente tóxico. La toxicidad del amonio en forma no ionizada, aumenta cuando la concentración de oxígeno disuelto es baja y el Ph y la temperatura indica valores altos. Cuando los valores de ph son bajos (ácidos), el amonio no causa mortalidades. Los valores de amonio deben fluctuar entre 0.0 1 ppm a 0.1 ppm, valores cercanos a 2 ppm son críticos. (Manual de Crianza Tilapia).

Los niveles de tolerancia para la tilapia se encuentra en el rango de 0.6 a 2.0 ppm. La concentración alta de amonio en el agua causa bloqueo del metabolismo, daño en las branquias, afecta el balance de sales, produce lesiones en órganos internos, inmunosupresión y susceptibilidad a las enfermedades, reducción del crecimiento y sobrevivencia, exolftalmia (ojos brotados) y ascitis (acumulación de líquidos en el abdomen).

3.4.6 Dureza.

Es la medida de la concentración de los iones de Ca y mg expresados en ppm de su equivalente a carbonato de calcio. Existen aguas blandas ($< 100\text{ppm}$) y aguas duras ($>100\text{ppm}$). Rangos óptimos: entre 50-350 ppm de CaCO_3 .

Por estar relacionada directamente con la dureza, el agua para el cultivo debe tener una alcalinidad entre 100ppm a 200ppm. Durezas por debajo de 20 ppm ocasionan problemas en el porcentaje de fecundidad (se controlan adicionando carbonato de calcio (CaCO_3), o cloruro de calcio (CaCl)).

3.5 Ciclo de vida

El ciclo de vida de la tilapia comprende 4 etapas básicas:

3.5.1 Desarrollo embrionario

Cuando se lleva a cabo la fecundación, a medida que avanza la división celular las células comienzan a envolver el vítelo hasta rodearlo completamente, dejando en el extremo una abertura que más tarde se cierra. Posteriormente, una vez formada la mayor parte del organismo, el embrión comienza a girar dentro del espacio peri-vitelino, ese movimiento giratorio y los demás movimientos se hacen más enérgicos antes de la eclosión. Los metabolitos del embrión contienen algunas enzimas que actúan sobre la membrana del huevo y la disuelven desde adentro, permitiendo al embrión romperla y salir fácilmente. Cantor F, A. (sf).

3.5.2 Larva

Es la etapa el desarrollo subsecuente al embrión y a la eclosión, dura alrededor de 3 a 5 días; en esta fase, el alevín, se caracteriza porque presenta un tamaño de 0.5 a 1 cm y posee un saco vitelino en el vientre que es de donde se alimenta los primeros días de nacido. Posteriormente a esta talla se le considera cría. Alevines recién eclosionados se observa el saco vitelino. (Cantor sf).

3.5.3 Alevín

Se les llama cría cuando los peces han absorbido el saco vitelino y comienzan a aceptar alimento balanceado, y han alcanzado una talla de 1 a 5 cm. de longitud. En esta etapa el alevín ya está listo para realizar el proceso de reversión sexual que es donde acepta alimento balanceado y es en esta misma etapa donde es llevado a los estanques de engorde luego de haber pasado un periodo de 28-30 días en los estanques destinados para la reversión del sexo.

3.5.4 Juvenil

La tilapia llega a la etapa de juvenil cuando alcanza una talla que varía de 5 y 10 cm, la cual alcanza a los 2 meses de edad y aceptan alimento balanceado para crecimiento los niveles de proteína de este alimento son más bajos debido a que su conversión alimenticia va aumentando lo que quiere decir que su capacidad de convertir alimento en carne va disminuyendo.

3.5.5 Adulto

Es la última etapa del desarrollo, los individuos presentan tallas entre 10 y 18 cm y pesos de 70 a 100 gr, características que obtienen alrededor de los 3.5 meses de edad y es aquí cuando las características fenotípicas del macho y hembra son notables, se pueden clasificar muy fácilmente de manera visual.

3.6 Madurez sexual

La tilapia posee un tipo de reproducción dioica; es decir, los óvulos y espermatozoides se desarrollan en individuos separados, existiendo por lo tanto machos y hembras. La diferenciación de las gónadas en la tilapia ocurre en etapas tempranas, entre los 16 y 20 días de edad, (tomando como referencia el primer día en que dejó de ser alevín). Desarrollando las gónadas femeninas de 7 a 10 días antes que las masculinas. Las tilapias alcanzan su madurez sexual a partir de los 3 a 4 meses en machos. La frecuencia de desoves varía considerablemente dependiendo de los factores ambientales, pudiendo ser desde 5 a 8 al año. (Ulises Hernández V y Contreras Sánchez W, M. 2005).

3.7 Reproducción

Las tilapias presentan un comportamiento reproductivo muy particular; los machos eligen el sitio de desove, ellos, construyen el nido en forma de batea, el cual es limpiado constantemente esperando atraer a una hembra. Así mismo, el área es defendida continuamente de la invasión de otros machos, con movimientos de natación agresivos. La hembra después del cortejo, nada dentro del nido, soltando los huevos, seguida de cerca por el macho, quién expulsa el esperma en la cercanía del desove; por lo que la fecundación de los huevos es externa. Una vez fertilizados los huevos, la hembra los recoge y coloca en su boca para su incubación. Este periodo tiene una duración de tres a seis días dependiendo de la temperatura del agua. Para la reproducción de la tilapia es recomendable mantener la

temperatura en el rango de 28 a 31°C. (Ulises Hernández V y Contreras Sánchez W, M. 2005.)

Alcanzar más de 200 - 300 alevines efectivos por hembra/ciclo es difícil y requiere un manejo muy selectivo (trabajo genético eficiente en los parentales). Una vez eclosionados los huevos, la hembra mantiene las larvas en la boca; hasta que terminan de absorber el saco vitelino.

Los reproductores de tilapia son sembrados en estanques de tierra con una profundidad mayor a 60 cm a una densidad de 2 peces/m², se utiliza una relación de 2:1 o 3:1 hembras por cada macho, la cantidad de reproductores sembrados debe ser según la cantidad de alevines a producir, una hembra con un peso promedio 200 gr produce 370 alevines.

Manual de Crianza Tilapia... (Sf)

3.8 Recolección de alevines para reversión sexual.

Los alevines menores de 12 mm y que no han realizado la diferenciación sexual son recolectados de los estanques de reproducción cada cinco días para entrar en la fase de reversión. Un número mayor de días implica problemas con la eficiencia de la hormona en el proceso de reversión y pérdida de alevines en los estanques de reproducción por efectos de canibalismo. La recolección de la semilla debe realizarse en la mañana, antes de alimentar, con sistemas de redes muy finas.

Debido a las diferencias de crecimiento entre el macho y la hembra, es necesario que los cultivos de tilapia sean monosexo (mayor porcentaje posible de machos). Durante este proceso, se administra un esteroide masculino a las larvas recién nacidas que poseen entonces tejido gonadal aún no-diferenciado; por lo que estas hembras genéticas, desarrollan tejido testicular; produciendo individuos que crecen y funcionan reproductivamente como machos. La reversión sexual se cumple por medio de la ingestión

oral de la hormona administrada. El procedimiento deberá iniciarse antes de la diferenciación del tejido gonadal primario, dentro del tejido del ovario.

3.9 Problemática que solventa la reversión sexual.

La tilapia es una especie muy prolífica, esto hasta cierto punto es ventajoso, pero a su vez se vuelve una desventaja ya que madura antes de la talla comercial (300-500 gr) por lo cual el pez gasta energía en productos sexuales y no en carne además la hembra incuba los huevos en la boca y en ese tiempo no comen, las tilapias maduran de los 3 y 4 meses de edad madurando la hembra más temprano, además tiene menor rendimiento en comparación con el cultivo de machos, lo ideal sería tener en cultivo poblaciones mono sexo de machos, así se evita la reproducción y se obtendría mayor rendimiento.

También la reproducción trae consigo una serie de consecuencias como ser: la sobrepoblación que hace que disminuya el oxígeno disuelto, mayor liberación de amonio y heces, competencia por el alimento, tallas heterogéneas, mayor estrés por sobre población. Manual de Crianza Tilapia... (Sf.)

3.10. Andrógeno utilizado en el proceso de reversión sexual.

Dentro de la tecnología de producción de alevines mono sexo de tilapia, se utilizan los andrógenos que son activos por vía oral, con dosis que varían entre 40 a 80 miligramos por cada kilo de alimento, dependiendo del tipo de hormona.

La hormona 17α - Metiltestosterona Es el andrógeno que más se emplea en los procesos de reversión sexual o masculinización a escala comercial, por las ventajas que presenta este fármaco ya que es un derivado especial porque conserva su acción androgénica y se activa por vía oral, también su inmediata disolución de sus cristales en el alcohol lo que permite crear mezclas homogéneas al momento de preparar el alimento hormonado. Estos derivados

alquilados de la testosterona son metabolizados lentamente en el hígado, después de su absorción oral. La testosterona natural, en cambio, sufre una rápida degradación en su primer paso por el hígado. Por tal motivo la testosterona no se administra por vía oral, debido a que es rápidamente metabolizada. La 17 – alfa – metiltestosterona, se caracteriza porque posee el grupo metilo en el carbono 17. Cabe mencionar que este medicamento se encuentra aprobado por la FDA de los EE.UU por lo que no resulta peligroso para realizar este tipo de tratamientos como lo es la reversión sexual, pero si se debe tomar cierta precaución como ser el contacto directo ya que es perjudicial para la salud humana.

3.11 Acción de la hormona α metil testosterona.

Los andrógenos actúan sobre los órganos y los caracteres sexuales secundarios, actúa en el sexo masculino, así como también en el femenino. Su acción fundamental consiste en el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios; comportamiento reproductor; maduración de los gametos en los machos (Lagler y cols., 1984; citado por Marcillo & Landivar, 2000), los andrógenos también contribuyen al crecimiento general y a la síntesis de proteína tal como acontece con las proteínas miofibrilares, presentado por la mayor masa muscular de los machos en relación a las hembras (Eckert y cols., 1992; citado por Marcillo y Landivar, 2000). En el sexo femenino se produce el fenómeno de virilización y puede inhibir y suprimir la maduración de los folículos ováricos.

3.11 Clasificación por sexo.

Para obtener una población 100% machos se recomienda llevar a cabo el método de sexado manual, el cual se puede realizar en ejemplares que hayan alcanzado el desarrollo de características externas en sus órganos, los que se pueden observar en animales de talla superior a 10 cm. Este método consiste en separar los machos de las hembras por medio de la diferenciación de las papilas genitales, las cuales resaltan mediante la aplicación en ellas de algún colorante como el azul de metileno. La efectividad de este método depende principalmente de la destreza o experiencia de la persona que realice la práctica.

La diferenciación externa de los sexos se puede efectuar observando la papila genital, 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. Sin embargo una diferenciación científica requerirá de comprobaciones morfométricas muy tediosas.

3.12 Antecedentes

Los tratamientos de inversión sexual vía hormonal dependen de tres factores principales específicos para cada especie: dosis de hormona, edad inicial de aplicación y duración del tratamiento.

Chatain et al. (1999) citado por Enciso Lizárraga S L 2008. Estudiaron el efecto de la 17MT en la reversión sexual y desarrollo gonadal de *Dicentrarchus labrax*, El experimento inició a los 84 días después de la eclosión (DDE) con una combinación de tres concentraciones en el alimento (0.5, 3, 5 mg/kg) y se administró en tres tiempos (30, 60 y 90 días). Al término del experimento encontraron que el 100 % de los individuos presentaron una masculinización completa y permanente en todos los tratamientos, aunque se presentaron con algunas deformaciones testiculares (10 %). Al-ablani y Phelps (1997), analizaron el efecto de la 17MT sobre *Pomoxis nigromaculatus* a los 40 y 60 DDE con concentraciones de 0, 30 y 60 mg/kg de alimento durante 40 días, encontrando que a los 30 DDE, los tratamientos de 30 y 60 mg/kg de alimento de la 17MT dieron un porcentaje de masculinización de 71 y 90 % respectivamente.

Yamazaki (1983), citado por Enciso Lizárraga S.L. 2008 probó una serie de hormonas esteroides incorporadas a la dieta, para la manipulación del sexo en peces entre ellas la 17MT sobre algunas especies del género *Tilapia* y el pez japonés *Carassius auratus*; se encontró que la concentración efectiva de la 17MT que se requiere para inducir a la masculinización está entre 20 y 30 mg/kg de alimento.

Se ha reportado que altas concentraciones de α metil testosterona periodos de exposición prolongados favorece el desarrollo de ejemplares fenotípicamente hembras. A este fenómeno se le conoce como feminización paradójica.

Normalmente, dosis elevadas o tratamientos prolongados traen consigo efectos de esterilidad o deformaciones en los gonoductos, mientras que las dosis pequeñas o tratamientos cortos podrían ocasionar una inversión incompleta. Según varios autores (Demska-Sakes y Sakes, 1997; Chatain et al., 1999) Citado por Enciso Lizárraga S.L. 2008

IV MATERIALES Y METODOS

4.1 Ubicación del área de estudio

El experimento se llevó a cabo en el municipio de Santa María del Real, Olancho. La temperatura media anual es de 26 °C, con una precipitación promedio anual de 1305 mm y una humedad relativa de 74%, con una altitud de 354 msnm.

4.2 Materiales y equipo

Concentrado al 45% de proteína.

Hormona α metil-testosterona.

Alcohol etílico al 90%.

Pilas de concreto.

Redes colectoras de alevines.

Termómetro.

Balanza grámela.

Temporizador

Plástico transparente.

Alevines < 14mm.

Pie de rey.

4.3 Descripción de las unidades experimentales.

Se utilizaron como unidades experimentales 4 pilas de concreto, de forma circular de 3 m de diámetro, 1 m de profundidad con 0.80 m de tirante de agua, para un volumen de 5.63 m³ con un abastecimiento de agua permanente de 1.3 gal/min.

4.4 Manejo del experimento

4.4.1 Duración del experimento

El experimento tuvo una duración de 90 días, consiste en 2 etapas, la primera es la que se desarrolló el proceso de reversión con una duración de 30 días, los 60 días restantes fue para que los peces alcanzaran un tamaño adecuado para ser sexados.

4.4.1 Variables independientes.

El experimento consiste en evaluar 2 variables independientes: Temperatura y concentración de hormona y los efectos sobre 3 variables dependientes: crecimiento, porcentaje de machos y sobrevivencia.

Temperatura.

Se logró diferenciar y registrar una temperatura controlada que oscila entre 28-32°C cubriendo las pilas con plástico grueso que provoca el efecto invernadero y otra que oscila entre 22-25°C normalmente usada por el piscicultor para someter los alevines al proceso de reversión sexual.

Para estimar la temperatura del agua se hizo uso de un termómetro, registrándose en horarios de 6 am y 6 pm a fin de observar el rango de variación durante el estudio.

Concentración de hormona.

La otra variable independiente es la concentración de hormona en el alimento suministrado durante 30 días, una primera dosis es de 66 mg/Kg de alimento usada por el piscicultor y una segunda de 60 mg/Kg de alimento.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos.

Tratamientos	N° de alevines	Temperatura	Dosis de hormona
T1	3000	28-32	60 mg/ kg de alimento
T2	3000	28-32	66 mg/ kg de alimento
T3	3000	22-25	60 mg/ kg de alimento
T4	3000	22-25	66 mg/ kg de alimento

Se espera que a una mayor temperatura y a una menor dosis de hormona exista una respuesta sobre las variables dependientes principalmente sobre la producción de machos para cultivos monosexos, ya que obligatoriamente se maneja la hipótesis de que la baja temperatura del agua causa menor cantidad de machos.

El T1 y T2 se mantuvieron con una temperatura controlada de 28-32°C con variación de hormona, para el T3 y T4 se mantuvieron con una temperatura ambiente que oscilo entre 22-25°C con diferentes dosis de hormona (ver tabla 1).

4.4.2 Variables dependientes a evaluar

Crecimiento.

Para determinar crecimiento, se tomaron en cuenta dos subvariables de peso y longitud. Para cuantificar estas variables se hicieron muestreos, que consistió básicamente en pesar los alevines recolectados en una balanza grámera para poder calcular el peso promedio de la población de cada una de los tratamientos en estudio.

Sobrevivencia.

Para medir esta variable se contabilizaron los alevines al momento de la siembra y a la cosecha, para posteriormente obtener la sobrevivencia.

Formula:

$$\%Sobrevivencia = \frac{\text{Numero de alevines cosechados}}{\text{Numero de alevines sembrados}} \times 100$$

Porcentaje de machos.

Terminada la etapa de reversión sexual después de 30 días, los alevines fueron cosechados de cada una de las pilas y posteriormente sembrados en estanques de tierra, a una densidad de 5 a 6 por m² donde permanecieron 60 días hasta alcanzar un peso mínimo de 50 gr mediante una alimentación diaria a base de un concentrado comercial con 38% de proteína de partícula de 0.50 mm para facilitar el consumo. Posteriormente fueron sexados a mano para establecer la proporción de hembras y de machos.

4.4.3 preparación del alimento con MT

Dosis A.

La MT se suministró a los peces en el alimento. La dosis normal es de 60 mg de MT por cada kilogramo de alimento. Se preparó una solución madre utilizando 1 g de la hormona diluida en 1 L de alcohol etílico al 90%.se molera el alimento y se pasó por un tamiz.

Luego se diluyo 60 ml de la solución madre de MT en 500 ml de alcohol, para preparar cada kilogramo de alimento. En un recipiente plástico se mezclara lentamente el alimento con los 500 ml de la solución de hormona.

Dosis B.

En esta se utilizaron 66 mg de MT por cada kilogramo de alimento. Se preparó una solución madre utilizando 1.5 gr de la hormona diluida en 900 ml de alcohol etílico (90%).se molió el alimento y se pasó por un tamiz. Luego se diluyo 66 ml de la solución madre de MT en 500 ml de alcohol, para preparar cada kilogramo de alimento. En un recipiente plástico se mezclara lentamente el alimento con los 500 ml de la solución de hormona.

Se continuó con el mismo procedimiento para ambos, dejándolo durante 10 a 15 minutos. Asegurándose que la mezcla esté homogénea y completamente mojada. El alcohol actúa como solvente de la MT y sirve para distribuir la hormona uniformemente en el alimento. Se dejó secar el alimento mojado con el alcohol en la sombra por 24 horas aproximadamente. No se recomienda utilizar alto calor para secar el alimento con la solución de MT. Por medio del muestreo utilizado para calcular el promedio de peso de los organismos lo utilizaremos para calcular la biomasa haciendo uso de la siguiente formula.

$$\text{Biomasa} = \frac{\text{prom. de peso por pez} \times \# \text{ de peces}}{454}$$

Conociendo la biomasa le proporcionamos el 20% (tasa de alimentación) de la biomasa de los alevines sembrados en cada estanque. La cantidad diaria de alimento a ofrecer deberá ser fraccionada por lo menos en cuatro porciones al día. Para el cálculo de la cantidad de alimento utilizamos la siguiente formula.

Cantidad de alimento= biomasa x tasa de alimento.

4.6 Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial de 2*2 siendo el factor “A” temperatura y el “B” concentración de hormona.

Modelo experimental:

$$Y_{ijk} + \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

μ_i = Media general

τ_i = efecto del i-ésimo nivel del factor A

β_j = efecto del j-ésimo nivel del factor B

$(\tau\beta)_{ij}$ = efecto de la interacción entre β_j y τ_i

ε_{ijk} = componente del error aleatorio

4.7. Muestreos

4.7.1 Primer etapa

Se realizaron un total de 2 muestreos biométricos considerando longitud y el peso individual, con el propósito de estimar crecimiento, el primer muestreo se realizó al inicio del proceso de reversión sexual en este solo se estimó el peso de los alevines a través del método volumétrico y se tomó como referencia la longitud que la establece el tamiz que solo deja pasar alevines menores de 14 mm. El segundo muestreo en peso y longitud después del proceso de reversión sexual. Se tomaron 40 alevines como muestra general para estimar su peso y longitud individualmente, haciendo uso de un vernier o pie de rey (longitud) y una balanza grámera (peso).

4.7.2 Segunda etapa

La segunda etapa del experimento se realizó en el campo (estanque de tierra) como se menciona anteriormente aquí pasaran 2 meses, una vez completado este tiempo se espera que tengan una longitud mayor a los 10 cm para poder diferenciar el sexo de forma visual por el método sexado manual diferenciando específicamente las papilas genitales, las cuales resaltan mediante la aplicación en ellas de un colorante como el azul de metileno. 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.

Se muestrearon 120 peces de cada estanque el muestreo se hizo completamente al azar. Se extrajo una gran porción de la población con ayuda de un trasmallo y con ayuda de una japa se tomaron las 3 porciones (repetición) tomando en cuenta 3 putos diferentes del trasmallo lado izquierdo, medio y derecho, se dividieron las hembras de los machos, de cada una de las porciones extraídas por la japa se dejaron 40 peces ya que ese fue tamaño por repetición. Luego se obtuvo el porcentaje de machos para su pronta comparación

V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Resultados de la temperatura por tratamiento.

La temperatura permitió obtener 2 rangos “A” temperatura controlada 28-32°C y “B” temperatura ambiente (22-25°C).

Tabla 2 Temperatura durante el proceso de reversión sexual.

Tratamiento	Rango T°	mínima	máxima	promedio	desviación	
T1	28-32°C	27	31	29.2	±	1.14
T2	28-32°C	26	31	29.1	±	1.29
T3	22-25°C	23	25	23.6	±	0.57
T4	22-25°C	23	25	23.7	±	0.45

Para los tratamientos 1 y 2 pertenecientes a el rango de temperatura “A” se tuvo una desviación 1.1 y 1.3 respectivamente, para ambos tratamientos se tuvo valores mínimos de 27°C y máximos 31°C, la disminución de la temperatura se produjo por falla en el sistema eléctrico en combinación con clima lluvioso, con un promedio de 29.2 y 29.1 para cada tratamiento 1 y 2.

Los tratamientos 3 y 4 que estaban a temperatura ambiente, se obtuvo una desviación estándar de 0.6 y 0.4 para cada uno, la desviación para la temperatura ambiente fue menor en comparación la otra, el T3 tuvo mayor desviación porque la entrada de agua era mayor debido a la falla que tenían las pilas en sus cimientos, lo que ocasionaba que por la noche descendiera hasta 1.5°C más que T4.

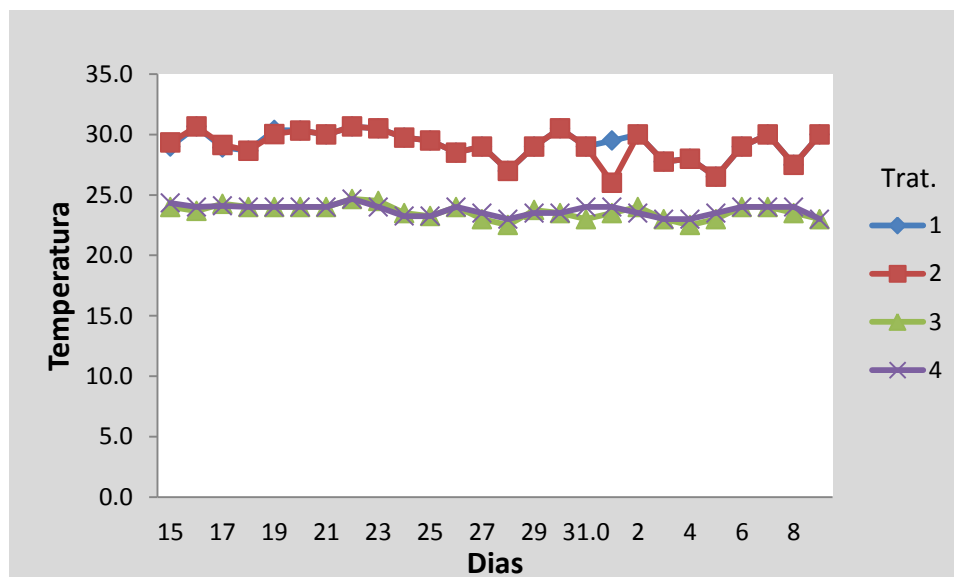


Figura 1. Temperatura promedio por tratamiento en la primer etapa del experimento (30 días).

Se obtuvieron buenos resultados en el control de la temperatura ya que se cumplió con el rango propuesto excepto por una variación producida por la falla en el sistema eléctrico que provocaron que descendiera la temperatura hasta 1°C por debajo del rango establecido. Las variaciones concuerdan con las reportadas por Baras *et al* (1999), en sus tratamientos de 30°C tuvieron desviaciones estándar de hasta 1.7 usando sistemas individuales para calentar agua.

5.2 Efecto de la temperatura y la concentración de hormona sobre el crecimiento en peso y longitud.

Al iniciar el experimento el peso promedio de los alevines (n=40) fue de 0.125 gr para realizar el peso se utilizó el método volumétrico debido a que si realizaba peso seco de manera individual afectaría la variable porcentaje de sobrevivencia para los tratamientos.

En la tabla 1 se muestra el peso al final de la primera etapa. El valor mínimo registrado al término de la aplicación de los tratamientos con temperaturas mantenidas entre 28-32°C fue

de 0.2 gr y el máximo de 1.1 gr en los organismos mantenidos a temperatura ambiente 22-25 °C el registro mínimo fue de 0.1 gr y un máximo de 0.7 gr se encontró que los alevines cultivados a 22-25°C tuvieron un crecimiento menor con respecto a los cultivados a 28-32°C al término de la aplicación de los tratamientos.

El análisis de varianza (Anexo 1.) encontró diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Estas diferencias fueron producidas por la temperatura ($p \leq 0.05$), para la interacción temperatura hormona no se encontró diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0.05$), al igual para la hormona. La prueba de Tukey determinó en donde existieron las diferencias, estas fueron provocadas por la temperatura, esta incidió en un menor crecimiento de los organismos expuestos a (22-25°C) en contraste con los producidos a 28-32°C que expresaron un mejor crecimiento en peso y longitud.

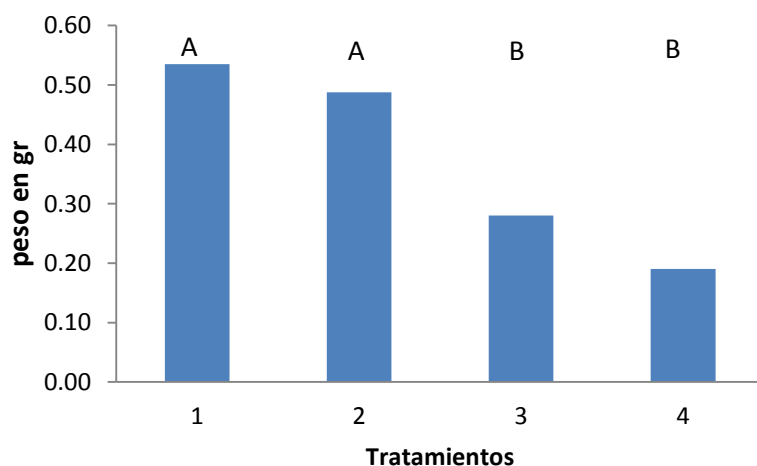


Figura 2. Peso promedio por pez al final de la primera etapa del experimento. En las diferentes temperaturas en combinación con las concentraciones de hormona.

Al inicio del experimento los alevines tenían una longitud inferior de 14 mm, esa Lt es establecida por un tamiz que solo deja pasar alevines menores de 14 mm.

Al final de la primera etapa del estudio, en donde los tratamientos se encontraban a temperatura ambiente, según se muestra en la (Tabla 2) se obtuvo un valor mínimo de Lt de 1.6 cm y un máximo de 3.0 cm, en cambio en los tratamientos donde se encontraban con temperatura controlada la Lt mínima fue de 1.90 cm y una máxima de 3.7 cm.

El análisis de varianza (Anexo 2) realizado a la variable dependiente longitud (Lt) al final de la primera fase, mostro diferencias significativas producidas por la temperatura ($p \leq 0.05$), no se mostró significancia para hormona al igual para la interacción temperatura hormona ($p \leq 0.05$).

La prueba de comparaciones múltiples de Tukey (Anexo 3) mostro diferencias significativas en Lt y peso entre los tratamientos, se observó que se formaron 2 grupos con comportamiento similar los que se encontraban a temperatura controlada (28-32°C) tuvieron un mejor desempeño, mostrando como el mejor al T1 con una media de peso de 0.54 gr y una longitud media de 2.75 cm.

Tabla 3. Crecimiento de los alevines en peso y longitud.

Trat.	N° observaciones	Variable	Media		Desv.	Mínimo	máximo
1	40	peso	0.54	±	0.22	0.2	1.1
		longitud	2.75	±	0.38	2.1	3.7
2	40	peso	0.49	±	0.15	0.2	1
		longitud	2.66	±	0.32	1.9	3.3
3	40	peso	0.28	±	0.11	0.1	0.7
		longitud	2.22	±	0.30	1.6	3
4	40	peso	0.26	±	0.11	0.1	0.5
		longitud	2.33	±	0.29	1.8	2.9

Como se menciona anteriormente los alevines utilizados en el estudio, tenían tallas menores a los 14 mm la cual es recomendada para trabajos de reversión. Morales (1991) mencionan que a tallas mayores las gónadas se comienzan a diferenciar y los resultados no son los deseados. En la mayoría de los trabajos citados utilizan relaciones hembra macho de 3:1 y la colecta de los alevines es de todo el lote de reproductores, lo cual genera que en ocasiones se pueda recolectar alevines con tallas superiores a la ideal propiciando bajos porcentajes de reversión y crecimientos heterogéneos, por lo que es de gran importancia realizar frecuentemente la colecta de alevines ya que esto influye directamente en el porcentaje de machos y esto a su vez en la uniformidad del cultivo.

El desempeño parecido en peso y longitud (Anexo 3) encontrado al término de la aplicación de los tratamientos a los (30) días entre los alevines cultivados a 28-32°C se presentó porque estaban en iguales condiciones de temperatura, este desempeño se mostró ya que se encontraban a niveles óptimos de temperatura. Además su desempeño fue mayor en comparación con los que se sometieron a 22-25°C, Según lo reportado por Baras *et al* (2001) en su modelo de 28 días, el cual se comportó similar, con mejores ganancias de peso a 30°C que es su punto intermedio, teniendo como punto inferior 20°C y superior 40°C.

Esto quiere decir que si los alevines se encuentran en temperaturas inferiores o superiores a los niveles óptimos se tendrá problemas en el crecimiento, produciendo alevines bajos en peso y longitud, lo que ocurrió para el caso de 22-25°C, que se encontraban los tratamientos T3 y T4. Moreno *et al* (2003) encontró en una de sus cohortes (progenie de una hembra) la media más elevada de 0.74 gr muy similar a la encontrada en el experimento 0.7gr la media más elevada expuesta por Moreno probablemente es superior ya que se encontraba influenciada por la temperatura en combinación con baja densidad (0.46 org. l-1). Por lo que es muy probable que el bajo crecimiento se deba a que estuvieron por debajo de los 30°C.

5.3 Análisis de sobrevivencia.

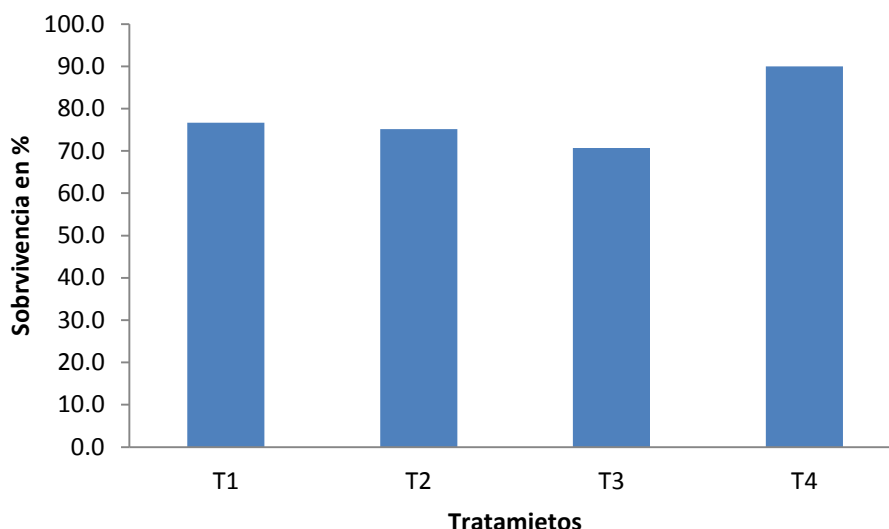


Figura 3. Variación de la sobrevivencia durante el proceso de reversión sexual de alevines de tilapia.

Los tratamientos con control y concentración de hormona de (28-32°C con 60mg para el T1 y 28-32°C con 66mg para el T2) presentaron una sobrevivencia de 76.7 y 75.2 % respectivamente. Moreno *et al* (2003) encontró valores desde 2 hasta 73% muy similar a Gale *et al* (1934) citado por Márquez Reyes 2005 todos ellos en 28°C con sistemas de recirculación.

Los resultados encontrados contrastan con los reportados por Márquez Reyes (2005) que expone el tratamiento con control (30°C-0mg) presento una sobrevivencia de 97.3% la cual fue similar a los demás tratamientos con 30°C en combinación con las demás concentraciones de hormona, el utilizo un sistema de 27 taques rectangulares de fibra de vidrio de 32 litros cada uno con recambios parciales del 20 % cada 2 días con aireación constante y empleo difusores para una mejor distribución del oxígeno y mantener el sistema con oxígeno a saturación, por lo que se puede especular que el % de sobrevivencia que se obtuvo en esta etapa es probablemente presentada por la calidad del agua niveles de oxígeno e amonio.

Cabe resaltar que los tratamientos T3 y T4 mostraron una sobrevivencia de 70.7 y 90% respectivamente, se presentó una alta diferencia en sobrevivencia entre T1, T2 y T3 en comparación con el T4, esto se asocia con la calidad de pila, en las pilas para los tratamientos 1, 2,3 se tubo problema con el recambio de agua ya que tenían mucha perdida por el fondo de las pilas(perdida por filtración), no había recambio eficiente del agua a través de la tubería ya que el nivel del agua se mantenía por debajo del nivel del tubo de salida (desagüe) el agua presento un mal olor producto de la descomposición de desechos de alimento eses y orina.

Se observó un comportamiento extraño en los alevines (Anexo 7) a partir de la primer semana estos subían a la superficie y comenzaban a abrir la boca repetidamente este comportamiento se asocia con falta de oxígeno disuelto en el agua y esto predominaba en los tratamientos donde se tenían a temperatura más elevada, se observó que en los tratamiento que estaban a temperatura ambiente (T3 y T4) la mortalidad fue constante desde el primer día y en los otros tratamientos comenzó hasta el día 15. No se realizó un estudio de calidad de agua relacionado con el Ph, oxígeno e amonio que avale estos resultados de sobrevivencia debido a la calidad del agua. Solamente por medio de la observación se especula los porcentajes de sobrevivencia encontrados.

5.4 Análisis de la eficiencia en la reversión sexual

Se obtuvo una masculinización de 95%, 85%, 85% y 88.33% para los tratamientos T1, T2, T3 y T4 respectivamente.

El análisis de varianza (Anexo 4) no encontró diferencias significativas producidas por la temperatura ($p \leq 0.05$), no se encontraron diferencias por el factor hormona ($p \leq 0.05$), por último la interacción temperatura y hormona si produjo diferencias significativas. La prueba Tukey determino que no existía diferencia entre los tratamientos entre la cantidad de machos para las dos temperaturas en combinación con las concentraciones de hormona.

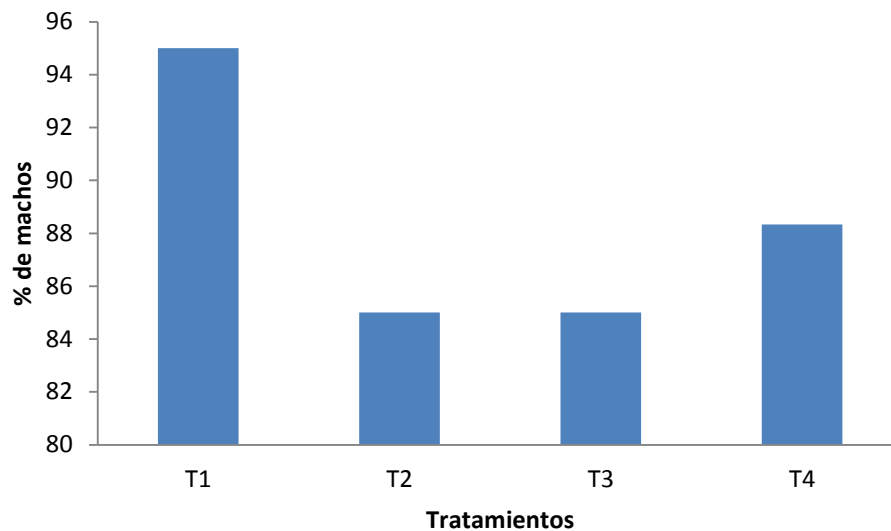


Figura 4. Porcentaje de machos por tratamiento.

Se obtuvo una masculinización de 95%, 85%, 85% y 88.33% para los tratamientos T1, T2, T3 y T4 respectivamente.

Los resultados anterior demuestra que la temperatura y la concentración de hormona en el tratamiento (T1) con 60 mg con temperatura de 28 – 32°C influyeron en la determinación del sexo ya que se encontró una mayor proporción de machos 95% en una de sus repeticiones se presentó un porcentaje de 100% (Anexo 5) por la interacción de las dos variables, para el T4 a 66 mg con temperatura de 22-25°C el porcentaje de machos fue menor con una diferencia de 6.67% pero con un porcentaje de masculinización aceptable de 88.33%.

D'Cottat *et al* (2001) reportan una alta masculinización en hembras genotípicas provocado por la represión de un gen y la expresión de uno o más genes a altas temperaturas.

La represión o la expresión de los genes autosomales son debidas a la temperatura que se someten los alevines. D'Cottat *et al* (2001) ha sugerido un gen candidato denominado

CYP19, el cual es reprimido a altas temperaturas y se encarga de codificar la proteína citocromo P450 aromatasa la cual convierte andrógenos a estrógenos, produciendo el desarrollo de un ovario. Existen varias hipótesis acerca de la diferenciación sexual provocada por elevadas temperaturas; sin embargo no es claro, el proceso que desencadena la temperatura. Patiño 1999 citado por Márquez Reyes 2005.

Es un hecho de que una baja expresión de la aromatasa durante el periodo crucial de diferenciación siempre resulta en masculinización independientemente del genotipo y la temperatura empleando inhibidores químicos de la aromatasa mezclados en el alimento se puede lograr un alto porcentaje de masculinización en crías de tilapia.

El buen porcentaje de machos logrado a 22-25°C con 66 mg/kg de alimento, hace posible que se implemente el uso conjunto de estas variables en tilapias y de igual manera probar si elevando más la dosis se obtenga una mejor respuesta por parte de los alevines.

VI CONCLUSIONES

La temperatura tuvo un efecto directo en la variable de crecimiento de los alevines en peso y longitud, ya que los alevines expuestos a 28-32°C presentaron un mejor desempeño que los alevines que se encontraban a 22-25°C debido a que los organismos se encontraban sometidos a temperaturas por debajo del nivel óptimo.

La proporción de sexos fue afectada por la interacción producida entre temperatura y concentración de hormona, las cuales dirigieron el resultado hacia una mayor cantidad de machos a 28-32°C y una concentración de 60 mg/Kg de alimento produciendo como resultado 95% machos.

La temperatura baja 22-25°C con una concentración de hormona más alta de 66 mg/kg de alimento presentó una aceptable masculinización de 88.33%.

La sobrevivencia de los alevines tuvo similar comportamiento se tuvieron sobrevivencias bajas de 76.7, 75.2, 70.7, para los tratamientos 1, 2,3 pero para el T4 fue de 90% esto se asocia con la calidad de agua nivel de amonio y oxígeno, por el comportamiento que presento cada estanque debido a la ineficiencia en el recambio de agua.

VII RECOMENDACIONES

Mejorar el sistema de recambio de agua, volviéndolo más eficiente reduciendo pérdidas de agua en pilas y tuberías, para evitar agua hipoxicas y reducir de esta manera la mortalidad de alevines.

Realizar un estudio similar donde se tomen registros de calidad de agua oxígeno, Ph y amonio para poder determinar la causa a la que se debe la baja sobrevivencia.

Efectuar el mismo ensayo mejorando el sistema de producción de oxígeno y mejorar el crecimiento y porcentaje de machos.

Incrementar la temperatura de reversión mediante el efecto invernadero, para mejorar la productividad.

Utilizar dosis menores de 60 mg/Kg de alimento y manteniendo una temperatura de 28-32 °C para reducir costos de producción.

Repetir el experimento en época lluviosa para detectar variaciones en temperatura y el efecto que tiene en el proceso de reversión sexual.

BIBLIOGRAFIA

Arroyo Mirian D. 2008. Aprovechamiento de la Harina de *Plecostomusspp.* Como ingrediente en alimento para el crecimiento de Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Tesis. M.C. producción Agrícola Sustentable. Jiquilpan, Michoacán. Instituto Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral CIIDIR Michoacán.

Arboleda Obregón, Duvan Andrés. 2005. Revista Electrónica de Veterinaria REDVET. Portugués. 12(6) 1695-7504 disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/>

Baras, E.; Jacobs, B.; Melard, C. 2001. Effect of water temperature on survival, growth and phenotypic sex of mixed (XX-XY) progenies of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. Aquaculture, Amsterdam, v. 192, n. 2/4, p. 187-199, Jan. 2001. Disponible en: www.scielo.br/scielo.com

Betancourth, KI. 2009. Efecto de agua dulce y salada sobre el comportamiento productivo de alevines de dos líneas de tilapia. Ing. Agrónomo, Catacamas Olancho, Honduras. Universidad Nacional de Agricultura. 33 p

Cala Plutarco y Bernal Gloria. 1997. Ecología Y adaptaciones de la tilapia Nilotica (*Oreochromis niloticus*) en ambientes naturales. Trabajo de grado. Bogotá, Colombia. Universidad Naional de Colombia, Facultad de Ciencias. 29 pág.

Chavarría L. 2010. Programa De Desarrollo Sostenible En Centro América (en línea). Honduras. Consultado el 8 de mayo de 2013. Disponible en: <http://www.minec.gob.sv/hn-Tilapia.pdf>

Carlos Antonio P, D. 2009. ABC, EN EL CULTIVO INTEGRAL DE LA TILAPIA. CENTRO DE ESTUDIOS TECNOLOGICOS DEL MAR 02 Y FUNDACION PRODUCE CAMPECHE, A.C. 97 Disponible en: www.scribd.com

Castillo, C, L. (2001) Tilapia Roja 2001: Una evolución de 20 años de la incertidumbre al éxito doce años después. Cali- Colombia: 69pp. Artículo de Internet En: www.ag.arizona.edu

CANTOR F, A. (SF). Manual de Producción de Tilapia pg 135
<http://es.scribd.com//20458321-ABC-en-El-Cultivo-Integral-de-La-Tilapia>

Enciso Lizárraga S.L. 2008. INDUCCIÓN A LA INVERSIÓN SEXUAL DE LA CABRILLA ARENERA *Paralabraxmaculatofasciatus* MEDIANTE LA ADMINISTRACIÓN ORAL DE LA HORMONA 17 α -METILTESTOSTERONA. Tesis. Para Obtener El Grado de Maestría en Ciencias en Manejo de Recursos Marinos. La Paz, B.C.S. (CICIMAR) Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.

FAO. 2008. The state of the world fisheries and aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.s. p.

Manual de Crianza Tilapia. Nicovita y Alicorp. Alimentos Balanceados. (Sf)
Disponible en: www.nicovita.com

Manual de Producción de Tilapia con Especificaciones de Calidad e Inocuidad. (Sf)

Disponible en: www.funprover.org

Marcillo, G, E. y Landívar, Z, J. (2000) Tecnología de Producción de Alevinos monosexo de Tilapia. Escuela superior politécnica del litoral, Facultad de Ing. Marina y Ciencias del Mar. Ecuador: 60pp.

Márquez Reyes L.A. 2005 EFECTO DE LA TEMPERATURA Y LA HORMONA FLUOXIMESTERONA EN LA REVERSIÓN SEXUAL, SOBREVIVENCIA Y CRECIMIENTO DE LA TILAPIA DEL NILO *Oreochromis niloticus* Tesis Ingeniero en Acuicultura. Puerto Ángel, Oaxaca, México. p. 51-65

Meyer, D. 2001. Technology for the success full small scale tilapia culture. In D.E. Meyer (ed). Proceeding of the fifth Central American Aquaculture Symposium, 22-24 August, Tegucigalpa, Honduras. Asociación Nacional de Acuicultores de Honduras and the Latin American Chapter of the World Aquaculture Society. p. 97-106.

Morales D. 1991 La Tilapia En México. Biología, Cultivo Y Pesquerías. A.G.T. Editor S. A. México D.F. 190 pag

Moreno A., Rodríguez Canto A., Barriga Sosa I. A. y Arredondo Figueroa JL 2003 .Producción de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) masculinizada con la hormona Fluoximesterona en sistemas cerrados de recirculación. CIVA 77-88 Disponible en: www.panoramaacuicola.com.

Sagpya. T. 2006. Sistemas de recirculación en acuicultura Disponible en: http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_peces/piscicultura/37sistemas_recirculacion.pdf

Ulises Hernández V y Contreras Sánchez W, M. 2005. Manual General Para el Cultivo y Masculinización de Crías de Tilapia. Manejo Seguro de Esteroides. Reproducción. Tabasco, México. P 45.

Pinto, Verani, Campos Da Silva. 2000. Masculinización de tilapia del Nilo *Oreochromis*, utilizando diferentes raciones y diferentes dosis de 17 alfametil testosterona. Revista Brasileira de Zootecnia 29(3): 654-659 pag.

Zanardi MF. et al. 2011. Panorama Acuícola 18(1):45-42.

ANEXOS

Anexo 1. ANOVA para la variable crecimiento en peso.

FV	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F
Temp.	1	2.3765625	2.376525	101.92	<.0001 **
Horm.	1	0.052565	0.0525625	2.25	0.1353 ns
Temp.*horm.	1	0.0050625	0.0050625	0.22	0.6419 ns
Error	156	3.63775	0.02331891		
T. corregido	159	6.0719375			

R-cuadrado 0.400891 C V 39.21806 Raíz MSE 0.152705 peso Media 0.389375

Anexo 2. ANOVA para la variable crecimiento en longitud.

FV	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F
Temp	1	7.18256250	7.18256250	67.35	<.0001 **
Horm	1	0.00306250	0.00306250	0.03	0.8657 ns
Temp*horm	1	0.41006250	0.41006250	3.85	0.0517 ns
Error	156	16.63625000	0.10664263		
Total corregido	159	24.23193750			

R-cuadrado 0.313458 C V 13.11823 Raíz MSE 0.326562 longitud Media 2.489375

Anexo 3. Pruebas múltiples de Tukey para la variable crecimiento en peso.

Temp	Horm	Peso	Error estándar	Pr > t	N° de trat.
1	1	0.53500000	0.02414483	<.0001	1
1	2	0.48750000	0.02414483	<.0001	2
2	1	0.28000000	0.02414483	<.0001	3
2	2	0.25500000	0.02414483	<.0001	4

Variable dependiente peso.

i/j	1	2	3	4	
1		1.391088 0.5068	7.467944 <.0001	8.200095 <.0001	A
2	-1.39109 0.5068		6.076856 <.0001	6.809008 <.0001	A
3	-7.46794 <.0001	-6.07686 <.0001		0.732151 0.8840	B
4	-8.2001 <.0001	-6.80901 <.0001	-0.73215 0.8840		B

Variable dependiente longitud.

i/j	1	2	3	4
1		1.266751 0.5854	7.189669 <.0001	5.683262 <.0001
2	-1.26675 0.5854		5.922918 <.0001	4.416511 0.0001
3	-7.18967 <.0001	-5.92292 <.0001		-1.50641 0.4361
4	-5.68326 <.0001	-4.41651 0.0001	1.506407 0.4361	

Anexo 4. ANOVA para la variable porcentaje de machos.

Fuente	DF	SC	CM	F-Valor	Pr > F
Temp	1	5.33333333	5.33333333	1.49	0.2572 ns
Horm	1	5.33333333	5.33333333	1.49	0.2572 ns
Temp*horm	1	21.33333333	21.33333333	5.95	0.0406 *
Error	8	28.66666667	3.58333333		
Total	11	60.66666667			

R-cuadrado 0.527473 C V 5.357461 Raíz MSE 1.892969 macho Media 35.33333

Anexo 5. Porcentaje de machos por repetición.

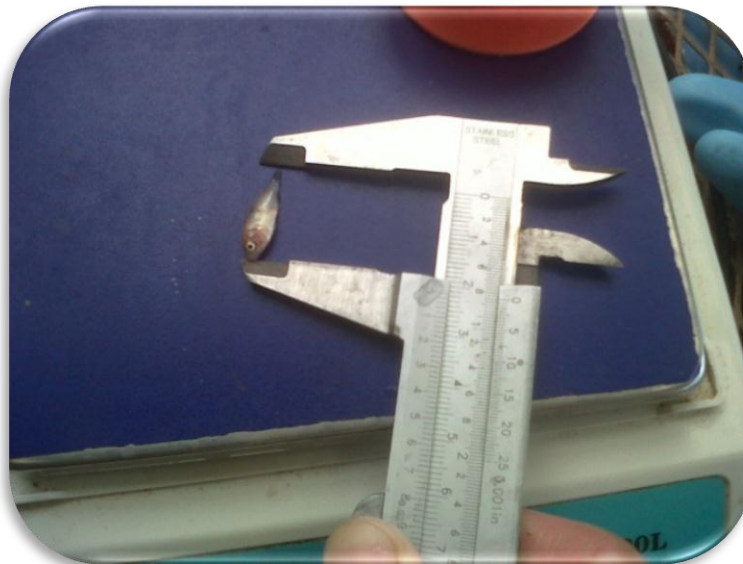
Tratamientos	Temperatura	Cs. De Hormona	repetición	% de machos
T1	28-32°C	60 mg/Kg	r1	100
			r2	92.5
			r3	92.5
T2	28-32°C	66 mg/kg	r1	92.5
			r2	80
			r3	82.5
T3	22-25°C	60 mg/kg	r1	82.5
			r2	90
			r3	82.5
T4	22-25	66 mg/kg	r1	85
			r2	90
			r3	90

Anexo 6. Comportamiento de los alevines relacionado con la falta de oxígeno.





Anexo 7. Crecimiento en peso y longitud.



Anexo 8. Muestreo para determinar el porcentaje de machos de forma visual.

