



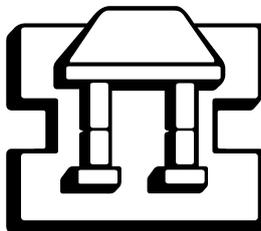
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

INDUCCIÓN SEXUAL Y CRECIMIENTO DE *Xiphophorus helleri*
(Poeciliidae) A TRAVÉS DE LA ADMINISTRACIÓN DE LA
17 α -METILTESTOSTERONA Y TIROXINA ADICIONADAS AL
ALIMENTO

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
B I Ó L O G O
P R E S E N T A:

PEDRO CÉSAR REYNA GONZÁLEZ



IZTACALA

DIRECTORA DE TESIS:
M. EN C. ALBA F. MARQUEZ ESPINOZA

LOS REYES IZTACALA, ESTADO DE MÉXICO 2006.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

Esta tesis quisiera dedicarla a todos y cada uno de los seres que hicieron posible que este sueño idealizado hace unos años atrás... hoy es el principio de un futuro exitoso...

Doy Gracias a Dios... Ese ser que me ha dado la oportunidad de vivir en este tiempo y espacio que no pudo ser mejor... privilegiado por las maravillas que he recibido de ti... y por la fe que siempre he depositado en tu nombre... Donde quiera que estés... Gracias por el amor tan grande que sientes hacia mi.

A mi Madre, La Dra. Beatriz González J. porque nunca tendré en mi vida tantas palabras para describir el inmenso amor que siento por ti... Esta vida te ha dado la oportunidad de gozarla y créeme que ha sido para mí un placer "haber hecho este viaje contigo"... Tal como lo diría aquel libro que me diste... Soy feliz porque te conocí hace años ayudando a un niño forrar un libro o ayudarle a recortar y dibujar... Gracias por ese pedacito de vida que compartiste conmigo, por tu tiempo, por tu amor, por tu presencia, por tu interés, por tus palabras y tu abrazo para llorar largamente... Gracias por ser esa persona que admiro y que eres mi mejor ejemplo... Te Amo con toda mi alma... y de verdad que aún no se como decírtelo completamente...

A mi Padre, El Dr. Pedro Reyna G. que de igual forma compartiste esos momentos donde un consejo, un partido de fútbol, una unión incondicional después de un accidente, un abrazo y tantos besos que en silencio te he dado, te digo simplemente que te admiro por el hombre exitoso que eres, porque preferiste dejarme volar y yo caer muchas veces para que entendiera que las cosas que valen en la vida cuestan sacrificios y así poco a poco entenderé lo que significa madurar... Gracias porque un día decidiste que yo fuera parte de ti al momento de pensarme... Te Amo.

A mi hermano, El futuro Ing. Mauricio Reyna González... muchas veces el espejo de mi felicidad... mi vida es privilegiada porque llegaste para ser el cómplice de tantas cosas que vivimos juntos, desde aquellas largas jornadas de nintendo, aquellas vacaciones donde nada era más importante que jugar en una alberca o patear una pelota en tan emocionantes partidos de fútbol... algunas peleas sin sentido... que mas da no? Son cosas de hermanos... el vinculo que me unirá a ti es eterno y doy a gracias a Dios porque apareciste en mi vida no tengo duda alguna que serás ese hombre de éxito que siempre has soñado... con amor para ti.

A la Familia Alvarado Sánchez... especialmente a la Dra. Alejandra Alvarado... mi amada Alita... Si pudiera hablar de alguien perfecta para mí no tendría duda que tú eres la mujer que siempre anhele amar y que fuese ella la que leyera estas palabras en algo que durará para siempre... La vida nos puso en este hermoso camino y fue la misma que transcurrió para que tú fueras de la mano conmigo y así finalizar este objetivo... Me viste nacer profesionalmente en esta hermosa carrera y me has visto terminar este primer sueño a tu lado... Gracias mi amor por existir y por tantos momentos juntos, por tu presencia y tu ausencia en esos días de mucha tarea y de tantas prácticas de campo, por aquella quema de batas a mi lado y la inolvidable fiesta de graduación que compartiste conmigo... Por el tiempo para pensarte y seguirte amando en este día... por ser una mujer admirable... Y sobre todo por el amor que me inspira seguir estando contigo... Te amo mi cielo.

A dos personas que ya no están conmigo... A mi tío Pepe (†) y mi abuelita Margarita (†). Cada uno de ellos estaría orgulloso de verme ser una persona que gracias a su esfuerzo puede sobresalir de los demás... donde se encuentren los dos, amados por mí siempre... Esto se los dedico y algún día nos volveremos a ver.

A mi Abuelita Carmen que aún esta conmigo... te agradezco porque se que siempre pides por mí a ese Dios que te ha hecho tan fuerte... Dios te bendiga por muchos años más y sabes que te quiero muchísimo.

A mis primos: Armando, Rodrigo y Omar... más que mis primos, mis carnales para toda la vida y todos los momentos... con mucho cariño... siempre sean hombres de bien y nunca dejen de ser así como yo los conocí hace años atrás. De igual forma a todos mis primos y tíos... especialmente a mi prima Bety "Gordis" y Cris... por tener una calidad humana incomparable y un cariño que me inspiran para ustedes dos... gracias por su tiempo en mi infancia y por tantos cuidados que tuvieron conmigo.

A mis cuates del alma: Romano, Carlos, Mizza (mis hermanos), Wendy, Abigail, Gaby y demás camaradas de la Secu y Prepa... con cada uno tengo experiencias inolvidables y renombrables que me formaron para la vida académica y que se que cada quien llegará a formar una vida sumamente feliz... nunca olvidaré el "déjame te cuento" o el "doce de naipes"... gracias por hacer de mi vida algo extraordinario.

Ahora sigue la mismísima Banda, los futuros y los que ya son biólogos (espero no olvide a nadie): Lalo, Mariana, Mac (con gran cariño), Aurora, Chostomo, Rafis, Uli, Socri, Bruni, Héctor, Abuelo, Santos, Caballo, Victor, Chuy, Moy, Jahir, Martín, Ramón, Leo, Toño, Edsel, Charles, Caro, Aby, Gris, Erika, Jaque, Marquillo, Germán, Gustavo, Laura... Sean Survivors o Aterrorizantes les aseguro que siempre los llevaré conmigo por todas las experiencias tan chidas que pasamos. A todos y cada uno de ustedes conservan un lugar especial en mi vida... Nacimos en esta generación y debemos demostrar que seremos los biólogos más exitosos de nuestra querida FES Iztacala.

Mis mejores amigas: Chely, Aurora, Miriam e Hyrais... solo ustedes saben los sabios consejos y la calidad de ese ser humano increíble que tienen... por su sencillez y gran cariño hacia mí siempre las recordaré.

A los Roñas: Dario, Juanito, Daniel, Tarzan, Robert, Oswaldo, Axel, David y Richard "Roña pura"... y con un cariño especial a Juilo y Saulo. Gracias por dejarme conocerlos y ser parte de tantas vivencias, desde la derrota de un partido y el sabor de 2 campeonatos con ustedes... Por más que eso les tengo un cariño y aprecio de carnales... no lo olviden.

A los exiliados: Cristian, El Pocho, Felipe, Erick y los que falten... son de la banda!!!

A mis compas de 1º semestre: Misael, Ichaias, Chamuel, Larry, Rocio, Andrea, Oscarini, Magali, Aracely (te quiero mucho), Pilarica, Héctor y los que se me olviden...

A la bandota de Aragón: A-mijo Gustavo (ya sabe que lo quiero un ch%*!o), al Mario, Las comadres (Tania, Lulu y Mony), Ale, Ivonne, Erika, Claudia, Deysi, Hugo y Paco... lo quiero muchísimo y les agradezco que me dieron la oportunidad de conocerlos... con cariño esto también es parte de ustedes.

A la banda del cubo con aprecio a Janeth, Lula, Paola, Poncho y demás...

A la banda Gerse: Paco, Rocío, Erick Oñate (para que veas man! que si me acorde de ti), Ariel, Oscar, Daniela, Bárbara, Anita, Katia, Mónica, Palencia, Lilia, Aurora, Valfred, Prof. Hugo y Gaby... por supuesto al Profe. Jorge Gersenowies por todo lo que pude aprender de cada uno de ustedes.

A los inflásticos... Efra, Mohicano, El George Ruco, Rafita, Nacho, Horacio, Perico, Greñas, Memo, Yamal, Chucho, Luisillo... y anexos que no recuerde... Simplemente son otro pedo!

Y bueno los que se me olviden no dejan de ser importantes... Karina y Angelote (Que buenas briagas), A mi gente de Pachuca (Marisol y Miyis), a la Doctora Susana Alvarado.

Y con recuerdo especial a cada una de ustedes que dejaron algo importante en mí... Dulce, Michel, Karina, Amanda, Liz, Lucero... cada una en su tiempo dejo en este ser parte de lo que muchas veces no valoramos... por su entrega, su paciencia y su cariño... parte de este trabajo tiene crédito por su incondicional apoyo.

...Y de todo corazón, un corazón orgullosamente puma doy gracias al núcleo de mi formación académica y de mis grandes logros personales... la venerable y honrosa Universidad Nacional Autónoma de México dentro de la FES Iztacala (Acaso hay otra?)... por ser parte de ti, por gritar un “gol” de tu equipo, por permitirme conocerme dentro de la hermosa carrera de Biología, por las metas que me impulsas a luchar por obtenerlas... porque simplemente gracias a que existes, hoy puedo decirte que no hay amor más grande que el ser universitario y que no hay himno de guerra más poderoso que un....

**“Goya! Goya! Cachun Cachun ra ra, Cachun Cachun ra ra
Goya!... BIOLOGÍA!”**

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer con todo mi respeto y admiración a la M. en C. Alba Márquez Espinoza por la dirección de este trabajo de tesis, por los conocimientos que aprendí de usted, por la fe que depositó en mí al realizar este proyecto y su gran apoyo incondicional... ni mil millones de gracias pueden pagarle todo lo que significa usted para mí... gracias por ser amiga y consejera... con gran cariño muchísimas gracias querida maestra.

A todos y cada uno de mis sinodales: El M. en C. Mario Fernández por su tiempo y apoyo en gran parte de mi tesis, por ser un buen asesor y gran ser humano. Al Dr. Rodolfo Cárdenas por sus comentarios y sugerencias al igual que su confianza para conmigo. Al Biol. Omar Ángeles por su amistad y sencillez para la asesoría y al Biol. Guillermo Elías Fernández por su dedicación y paciencia a lo largo de esta investigación. De igual forma un agradecimiento al Maestro Ángel Duran por la ayuda en el manejo estadístico de datos.

Agradezco a los iniciadores de este sueño... la M. en C. Ma. Eugenia Sánchez Gleason y el M. en C. Teobaldo por inspirarme el amor a la Biología.

A dos excelentes personas, la Biol. Karina Guardado y el Biol. Miguel Coca, sencillamente gracias por su amistad y por enseñarme que las cosas en ocasiones no debemos complicarlas tanto... siempre llega la solución.

Agradezco el apoyo sincero de la Biol. Gabriela Sánchez porque te considero una de mis grandes maestras y una excelente colega de ahora en adelante... por tu amistad y dedicación en aquellos días te agradezco todo lo que aprendí de ti.

Agradezco la oportunidad del Biol. Ángel Moran para poder integrarme al ámbito laboral dentro de la carrera de Biología... primeramente por tratarte y después por tu amistad y consejos que han marcado mi vida en otro rumbo, te lo agradezco mucho.

Finalmente doy gracias a todos los maestros, biólogos y amigos que contribuyeron a la formación de este nuevo biólogo... Ignacio Peñaloza, Carlos Rojas, Silvia Romero, Martín Martínez, Luis Barbo, Antonio Muñoz, Panchito López, Leonor Abundis, Leticia Espinosa, Evaristo, Jaimito, etc,....

ÍNDICE

RESUMEN.....	7
INTRODUCCIÓN.....	8
ANTECEDENTES.....	11
SISTEMÁTICA.....	14
OBJETIVOS.....	15
METODOLOGÍA.....	16
DIAGRAMA DE FLUJO.....	19
RESULTADOS.....	20
DISCUSIÓN Y ANÁLISIS.....	29
CONCLUSIONES.....	39
ANEXOS.....	40
BIBLIOGRAFÍA.....	47

RESUMEN

Actualmente gran parte de las investigaciones en la acuicultura se han encaminado hacia el uso de hormonas adicionadas al alimento con el propósito de obtener poblaciones monosexo de peces de ornato siendo estos organismos una importante fuente de ingresos económicos así como una opción para los consumidores dedicados a la práctica del acuarismo. Debido a la gran aceptación que estos representan, es necesario realizar estudios enfocados al rápido desarrollo de los mismos para su pronta reintegración al medio natural o comercialización.

En el presente trabajo se observan los efectos de las hormonas 17α metiltestosterona (MT) y tiroxina (T_4) combinadas y adicionadas al alimento en dosis de 10, 13 y 16mg/kg sobre crías de *Xiphophorus helleri*, desde el primer día de nacimiento hasta los siguientes 45 días durante un periodo experimental de 75 días. La respuesta del efecto de la hormona se refleja cualitativamente en los organismos con la expresión de los caracteres sexuales secundarios como la aparición de gonopodio y el desarrollo de la aleta caudal en forma de espada; además se determinaron los parámetros morfométricos (longitud total, longitud de la aleta caudal y peso) y se determinó la relación peso-longitud.

Los resultados finales del trabajo muestran una relación directamente proporcional entre las dosis y el efecto de los organismos, siendo la dosis de 16mg/kg la que causa un mayor efecto, mostrando diferencias significativas ($p < 0.05$) de crecimiento de la longitud total, longitud de la aleta caudal y peso en comparación con la dosis de 10 y 13mg/kg, así como el grupo control. Por otro lado el factor de condición es mayor en la dosis de 16mg/kg comparada con las dosis de 10mg/kg, 13mg/kg y el control. El tipo de crecimiento es alométrico en 10 y 16mg/kg, e isométrico en la dosis de 13mg/kg así como en el grupo control. Finalmente solo se encontró diferencia significativa ($p < 0.05$) en la dosis de 16mg/kg para la inducción sexual en los organismos ya que las otras dosis la proporción sexual fue de 1:1 lo que sugiere que la dosis más alta de las hormonas 17α MT y T_4 actúa sobre la obtención de población monosexo.

INTRODUCCION

En las últimas décadas, la acuicultura ha tenido un enorme impulso en todo el mundo. La posibilidad de cultivar diversos organismos acuáticos ha acaparado el interés de muchos investigadores, e incluso de instituciones enteras, en un gran número de países de los cinco continentes. México no podía ser la excepción. Y es que, en realidad, el cultivo de vegetales y animales acuáticos podría llegar a ser una actividad que por sí sola fuera capaz de solucionar problemas de alimentación en algunos lugares del mundo, sobre todo en amplias zonas marginadas de los países subdesarrollados, o bien de generar considerables divisas por concepto de exportación. Sin embargo, se deben seleccionar cuidadosamente las especies factibles de ser cultivadas, pues aún cuando algunas resulten muy atractivas por razones de tipo económico y comercial, presentan problemas de diversa índole, que de no ser tomados en cuenta, podrían hacer fracasar cualquier intento por cultivarlas (Lozano *et al.*, 1995).

El término acuicultura engloba todas las actividades que tienen por objeto la producción, crecimiento (desarrollo) y comercialización de organismos acuáticos, animales o vegetales, de aguas dulces, salobres o saladas (Barnabé, 1991).

Esta práctica en México se encuentra altamente desarrollada en algunos aspectos, al haber alcanzado importantes niveles comerciales con algunas especies (trucha arcoiris, carpa, tilapia, langostino, ostión). En este punto, es importante resaltar el hecho de que los organismos acuáticos son más eficientes en términos de aprovechamiento energético, en relación a los organismos terrestres (vacas, cerdos, aves) por lo tanto, la acuicultura representa un potencial para la producción de alimento de alto valor nutricional a relativo bajo costo. También con la acuicultura se logra el aprovechamiento óptimo de tierras y aguas no aptas para la agricultura y ganadería. En términos generales la acuicultura produce un cambio importante a nivel socio-cultural (Gutiérrez, 1985).

Actualmente, algunas investigaciones están encaminadas al mejoramiento de este grupo de especies ornamentales (Poecilidos) ya que hasta el momento la gran mayoría de los organismos y sobre todo los marinos, son extraídos de su hábitat, teniendo como consecuencia disminución en la poblaciones naturales (Márquez, 1999)

Recientemente, en la acuicultura se ha presentado un interés por la administración oral de hormonas, principalmente en el alimento. Esta importante fuente de energía posee un valor tan importante dentro de la práctica acuariófila equivalente al 50% en cuanto a la producción total de peces. Cualquier mejoramiento en el alimento para el crecimiento de estos organismos reduciría significativamente gastos en términos de tiempo, trabajo y espacio, encontrando así, la mejor dieta nutricional la cual sería aceptada por la mayoría de los acuicultores dedicados a esta práctica (Cavari *et al.*, 1993).

El uso de hormonas para el control de la actividad reproductiva en peces ha llegado a ser una práctica común aceptada dentro de la acuicultura. Siendo esta labor sustentable y efectiva en su aplicación, el tratamiento con hormonas depende de un número determinante de factores. Estos factores incluyen la aplicación de la hormona adecuada, su efecto a dosis mínimas, el modo de aplicación, la etapa más receptiva de maduración, la duración de tratamiento entre otras (Hunter y Donaldson, 1983).

Hoy en día existen al menos 31 esteroides naturales o sintéticos que han sido usados para la inversión sexual en especies económicamente importantes. En general, la dosis óptima a inducir una completa reversión sexual en todos los individuos no obedece un parámetro establecido ya que las dosis varían de acuerdo a la especie que se este trabajando (Pandian y Sheela, 1995).

Los esteroides son hormonas derivados del colesterol las cuales son producidas fundamentalmente en la corteza suprarrenal, en los testículos y los ovarios, siguiendo los mismos pasos biosintéticos para su producción (Greenspan y Gordon, 1998). Entre las principales hormonas esteroideas sexuales están: los estrógenos, progestágenos y los andrógenos que gobiernan los caracteres sexuales secundarios, el ciclo reproductor, el crecimiento, desarrollo de los órganos reproductores (Marquez, 1999).

Los andrógenos estimulan el crecimiento y regulan funciones de tejido las cuales se expresan en caracteres sexuales en los machos. Estos compuestos, naturales o sintéticos pueden ser administrados oralmente y ser promotores de crecimiento (Santandreu y Díaz, 1994), estimulando el apetito, la ingesta, digestión y absorción de alimento y en la producción e incremento de masa muscular y formación de hueso (Kuwaye *et al.*, 1993).

El principal objetivo de la inducción sexual es llevar a cabo el 100% del potencial de crecimiento aunque algunos autores aun no tienen claro los estudios en cuanto al crecimiento y reversión sexual en peces. Claramente los tratamientos con hormona aceleran el crecimiento en juveniles y este crecimiento acelerado puede ser una ventaja para escapar de los posibles depredadores pero con la desventaja de suprimir su crecimiento en la etapa adulta (Pandian y Sheela, 1995).

Actualmente, la 17α metiltestosterona (MT) ha demostrado ser un efectivo promotor para inducir la masculinización en miembros de la familia Poeciliidae debido a que este esteroide induce algunas características como la diferenciación de la gónada, gametogénesis, conductas de cortejo, modificación de los caracteres sexuales secundarios, cambios morfológicos y fisiológicos entre otras (Márquez, 1999).

Debido a esto, la inducción hormonal puede servir como una valiosa herramienta para entender el proceso de la diferenciación sexual para así obtener poblaciones monosexo en la industria acuariófila. En acuicultura, el uso de esteroides especialmente andrógenos no solo induce un acelerado crecimiento, sino también modifica la reversión sexual. Quizá esta ventaja económica también ha sido la principal causa para sostener más las investigaciones sobre el uso de hormonas esteroideas dentro de esta área (Pandian y Sheela, 1995).

De igual forma, la participación de las hormonas tiroideas en el desarrollo temprano de los peces ha sido revisada recientemente (Ayson y Lam, 1993). Es ahora conocido que concentraciones elevadas de hormona tiroidea están presentes en los huevos de peces y su estado larval. Su presencia durante las primeras etapas de su vida implica que éstas juegan un papel importante en el desarrollo de estos organismos (Ayson y Lam, *op. cit.*). En tratamientos experimentales con embriones de peces ha demostrado que dichas hormonas han dado como resultado un acelerado crecimiento y desarrollo de piel, huesos y escamas (Brown y Kim, 1995).

La glándula tiroides secreta dos hormonas que contienen yodo: la tiroxina también llamada tetrayodotironina (T_4) y la triyodotironina (T_3). Estas hormonas estimulan el metabolismo oxidativo en la mayor parte de las células y además actúan sobre el metabolismo de los carbohidratos, de las grasas y las proteínas; los procesos del crecimiento y las funciones del sistema nervioso central. La tiroxina y en menor grado la T_3 , tienen una acción prolongada, que se atribuye en parte a sus vidas medias largas y suele haber un notable periodo de latencia entre la administración de la hormona y sus efectos (Greenspan y Gordon, 1998).

La función metabólica general de estas hormonas tiroideas (T_3 y T_4) es potenciar la función de la bomba sodio-potasio. Puesto que todas las células tienen esta bomba y virtualmente todas responden a las hormonas tiroideas, esta potenciación en la utilización del ATP y el incremento relacionado al consumo de oxígeno, vía fosforilización oxidativa, pudiera ser el mecanismo básico de la acción de la hormona tiroidea (Guardado, 2005). Investigaciones anteriores indican que la hormona tiroidea 3,5,3' triyodo-L-tiroxina también tiene efectos anabólicos cuando se administra oralmente, sola o en combinación con la 17α metiltestosterona (Donaldson *et al.*, 1978).

Debido a lo anterior es importante llevar a cabo la investigación sobre los efectos conjuntos de ambas hormonas en el crecimiento e inducción sexual para una población de organismos aptos a recibir el tratamiento, y así ampliar la información obtenida anteriormente debido a que la especie *Xiphophorus helleri* presenta gran demanda comercial utilizándose principalmente como pez de ornato además de ser la especie modelo para el diseño de futuras investigaciones dentro de la práctica acuariófila.

ANTECEDENTES

Los poecílidos son una de las familias más populares de peces usadas en diversas investigaciones científicas que incluyen una gran variedad de disciplinas tales como: desarrollo, reproducción, aspectos genéticos, comportamiento, toxicología (siendo éstas las más representativas), ya que son organismos de fácil manejo que se adaptan muy bien a las condiciones de laboratorio y su ciclo de vida es relativamente corto (Fuentes, 1998).

Algunas de las aportaciones más importantes del estudio sobre la reversión sexual y crecimiento en peces son las siguientes:

- Baldwin y Goldin (1940) administraron 0.5mg de propionato de testosterona a hembras jóvenes de *Xiphophorus helleri* por un periodo de 9 semanas. El efecto de la hormona provocó el desarrollo del gonopodio y la prolongación de la aleta caudal en forma de espada, además indujo la masculinización de la gónada y la degeneración de los ovocitos.
- Cohen (1946) trató a hembras grávidas de *X. helleri* con pregnonelona para inducir así las características masculinas. Los machos revertidos mostraban el patrón típico de cortejo para la copulación; sin embargo, debido a la reversión sexual este comportamiento era menos intenso a los verdaderos machos genéticos.
- Dzwillo y Zanders (1969) induce la reversión sexual de hembras de *X. helleri* a machos funcionales aplicando metiltestosterona a hembras grávidas a concentraciones de 3mg/l de agua durante 24 horas. Este tratamiento fue aplicado 22 días antes del nacimiento de las crías.
- Barrington (1975) aplicó la hormona tiroxina (T_4), encontrando que su administración favorece el aumento de longitud y peso de *Salmo gairdneri*, mediante la adición de polvo en el alimento.
- Nacario (1983) determinó el efecto de la tiroxina en larvas y pececillos de *Sarotherodon niloticus*, sumergiéndolos en diferentes concentraciones de tiroxina (0.1, 0.3 y 0.5 ppm) reportando un efecto significativo en longitud y peso después de la cuarta semana de tratamiento.
- Kramer y Kallman (1985) trabajaron con *X. helleri* tratando de determinar el sexo en los primeros estadios de desarrollo. Encontraron que a partir de la décimo octava etapa del desarrollo embrionario es posible reconocer dimorfismo sexual basado en ciertas

características presentes en la gónada, argumentando que el sexo queda determinado antes del nacimiento.

- Lim *et al.* (1992) evaluó el crecimiento y diferenciación sexual en juveniles de *X. helleri* variedad roja mediante la incorporación de las hormonas 17α metiltestosterona en alimento con dosis de 50, 100, 200, 300, 500 y 700mg/gr peso-pezo obteniendo un 100% de inducción sexual a machos a partir de los 10 días de administración en las dosis más altas.
- Reddy y Lam (1992) reportan el efecto de la Eltroxin (L-tiroxina-sodio, T_4) por inmersión a concentraciones de 0.01, 0.02, 0.05 y 0.10 ppm en larvas y alevines de la carpa dorada *Carassius auratus* encontrando que en la concentración de 0.10ppm se presentó crecimiento rápido de las aletas anal, dorsal y pectorales acelerando también la formación de escamas.
- Márquez *et al.* (1994) reportan la obtención de poblaciones monosexo con el uso de la hormona 17α metiltestosterona con dosis que van desde 5.0 hasta 12.5mg/kg de alimento usando crías recién nacidas y hembras preñadas de *P. reticulata*, *X. helleri* y *P. sphenops*. Las crías fueron más sensibles que las hembras, obteniendo en los primeros, porcentajes de 100% de reversión a machos y con una mortalidad nula.
- Santandreu y Díaz (1994) realizan un estudio sobre el efecto anabólico de la hormona 17α metiltestosterona en el salmón *Oncorhynchus masou* mediante la aplicación de dosis de 0.1, 1.0, 3.0 y 7.0mg/kg de alimento obteniendo resultados satisfactorios en cuanto al crecimiento y desarrollo del pez.
- Nava-Bautista y Rodríguez-Gutiérrez (1995) administraron 17α metiltestosterona en dosis de 35mg/kg de alimento a crías recién nacidas de *X. helleri* durante 40 días obteniendo población de solo machos exclusivamente.
- Pandian y Sheela (1995) promueven la inducción sexual en peces, reportando que la intensidad del tratamiento es más notoria en las familias Cichlidae, Cyprinodontidae, Anabantidae, Poeciliidae, Salmonidae y Cyprinidae. A través de la utilización de 16 andrógenos y 15 estrógenos resaltan las hormonas 17α metiltestosterona y 17β -estradiol obteniendo con estas de 95% a 100% de inducción sexual con dosis de 200 y 300mg/kg de hormona adicionadas al alimento.
- Peña (1996) aplica dietilelbestrol a hembras preñadas de *Xiphophorus helleri* para la obtención de una segunda generación de hembras alcanzando un porcentaje de 84.3% para la concentración de 10mg/kg de alimento.

- Fuentes (1998) obtiene una población monosexo de *X. helleri* logrando un 100% de machos con excelentes características morfológicas mediante el uso de la 17α metiltestosterona con dosis de 7.5 a 12.5mg/kg de alimento.
- Hutchison e Iwata (1998) estudiaron el efecto de la tiroxina (T_4) en el comportamiento agresivo de cuatro especies de salmones *Salmo trutta*, *Oncorhynchus mykiss* y *Onchorynkus masou* y uno no anádromo *Salvelinus fontinalis*. Concluyendo que las especies anádromas tratadas con tiroxina muestran una importante reducción en el comportamiento agresivo con respecto al control. En la especie no-anádroma se observó que no hay cambios en su comportamiento.
- Márquez (1999) a través de la administración de las hormonas 17α metiltestosterona (MT) y dietilelbestrol (DES) promueve la diferenciación sexual en *X. helleri* obteniendo marcados resultados en la morfología y estructura de la gónada. Obtiene un 85.7% de inducción para machos con la aplicación de la dosis de 12.5mg/kg de MT y un 84.36% de inducción a hembras con la dosis de 10mg/kg de DES.
- Martínez (2002) promueve la masculinidad en hembras grávidas de *Xiphophorus helleri* variedad roja mediante el uso de testosterona con dosis de 10, 12.5 y 15mg/kg de alimento, siendo esta última la más efectiva para llevar a cabo la reversión sexual con la presencia de caracteres fenotípicos masculinos.
- Guardado (2005) induce el crecimiento en *X. helleri* mediante la administración de la hormona D-tiroxina adicionada al alimento. Promoviendo la dosis de 10mg/kg como la dosis óptima para un crecimiento tipo isométrico a partir de los 15 días hasta los 75 días de tratamiento teniendo organismos de buena calidad de vida y mortalidad nula.

SISTEMÁTICA

Según Rosen, (1960) citado en Álvarez del Villar, (1970)

Phylum: Chordata

Subphylum: Gnathostomata

Clase: Osteichthyes

Subclase: Actinopterygii

Orden: Cyprinodontiformes

Suborden: Cyprinodontoidei

Familia: Poeciliidae

Género: Xiphophorus

Especie: *Xiphophorus helleri* (Heckel, 1848)

Nombre común: Pez espada o pez cola de espada; Swordtail fish (en inglés).



Fig 1. Dimorfismo sexual en una pareja de *Xiphophorus helleri*

OBJETIVOS

- Evaluar el efecto de la combinación hormonal (17α metiltestosterona y tiroxina) en el crecimiento en inducción sexual del pez cola de espada *Xiphophorus helleri* desde el nacimiento y durante los primeros 45 días hasta el inicio de la maduración sexual (75 días).
- Encontrar la dosis óptima de combinado hormonal (MT+T₄) para el crecimiento y desarrollo sexual del pez cola de espada *Xiphophorus helleri* desde el primer día de vida hasta el inicio de la madurez sexual (75 días).
- Determinar los parámetros morfométricos: longitud total, longitud de la aleta caudal y peso en el pez cola de espada *Xiphophorus helleri*.
- Establecer la relación peso-longitud, así como el factor de condición y tipo de crecimiento que presentan los organismos.
- Encontrar la proporción sexual de *Xiphophorus helleri* al término de la administración del combinado hormonal (45 días) y finalizada la fase experimental (75 días).

METODOLOGÍA

Obtención y mantenimiento de reproductores

Los peces cola de espada *Xiphophorus helleri* (Poeciliidae) se obtuvieron comercialmente. Se escogieron hembras grávidas ya que estos organismos presentan previo al alumbramiento un abultamiento en la región abdominal.

Estas hembras fueron colocadas en acuarios de 50lts de capacidad delimitando su espacio dentro de una maternidad con una apertura de malla (0.5cm) para evitar el canibalismo. Esto solo fue hasta que las hembras parieron a todas las crías.

Diseño experimental

Se utilizaron 120 crías, separadas en 4 grupos (3 experimentales y un control) cada uno por triplicado, las cuales se mantuvieron en condiciones controladas de temperatura $25(\pm 1^{\circ}\text{C})$ mediante la utilización de un termostato, pH 7.3 (± 1), aireación constante suministrada por una bomba marca GAST modelo R 3105-1 con una capacidad de $\frac{1}{2}$ caballo de fuerza y fotoperiodos de 12 horas luz mediante el uso de dos lámparas de 39w.

Preparación del alimento y fase experimental

Se preparó el alimento hormonado utilizando el nutrimento Purina "Trucha Iniciador" adicionándose las 3 diferentes dosis de hormonas (10mgMT+10mgT₄/kg, 13mgMT+13mgT₄/kg y 16mgMT+16mgT₄/kg) y un grupo control utilizando la técnica de evaporación de alcohol de Guerrero (1975). Una vez preparado el alimento se mantuvo en envases oscuros a temperatura ambiente.

A través de la administración oral de la hormona, los organismos fueron alimentados *ad libitum* desde el primer día de nacidos y hasta los 45 días de edad. Después de finalizado el tratamiento, los organismos fueron mantenidos con alimento libre de hormona llevando desde el nacimiento, un registro quincenal de los parámetros morfométricos en longitud total (LT) y longitud de la aleta caudal (LAC) con la ayuda de un papel milimétrico y el registro en peso (w) mediante el uso de una balanza semianalítica marca AINSWORTH AA-160 con precisión de 0.0001g hasta el día 75.

La proporción de machos expresada en porcentaje se determinó a los 75 días finalizada la fase experimental. Los parámetros a considerar principalmente fueron el desarrollo de la aleta caudal y la presencia de gonopodio.



Fig 2. Límites para los valores longitud total (LT) y longitud de la aleta caudal (LAC).

Análisis Estadístico

Los resultados cuantitativos de Longitud Total (LT), Longitud de la aleta caudal (LAC) y Peso (w) se evaluaron mediante un análisis de varianza factorial (ANOVA) y la prueba de diagrama de caja con el fin de determinar el efecto de los factores tiempo y tratamiento así como la interacción entre ellos; en el caso de la proporción sexual se procesó mediante una Chi cuadrada $p=0.05$ utilizando el programa *Statistica* versión 6.

La relación peso-longitud se determinó mediante el modelo de crecimiento:

$$W=aL^n$$

Donde W: Peso del organismo

a: Factor de condición (ordenada al origen)

L: Longitud del organismo

n: Tipo de crecimiento (pendiente)

Los valores de "n" cercanos a 3 se analizaron estadísticamente mediante una prueba de "t" Student al 95% de confianza con el fin de determinar si existen o no diferencias significativas entre los valores obtenidos y el valor teórico (3), cuya formula es la siguiente (Yamane, 1979):

$$t= n_{calculada} - n_{teórica} / Sst$$

$$Sst= (0.7071068) \frac{S}{\sqrt{n}}$$

$$S= \sqrt{\frac{\sum(Y_i - \bar{Y})^2}{n-1}}$$

Donde Sst: Error estándar de t

Cte: 0.7071068

S: Desviación estándar

n: número de datos

Yi: Peso observado

Y: Peso promedio

Si $n=3$ el crecimiento es isométrico

Si $n \neq 3$ el crecimiento es alométrico

Ho: $Bc=3$

Ha: $Bt \neq 3$

Bc: Pendiente calculada (n)

Bt: Pendiente teórica (n=3)

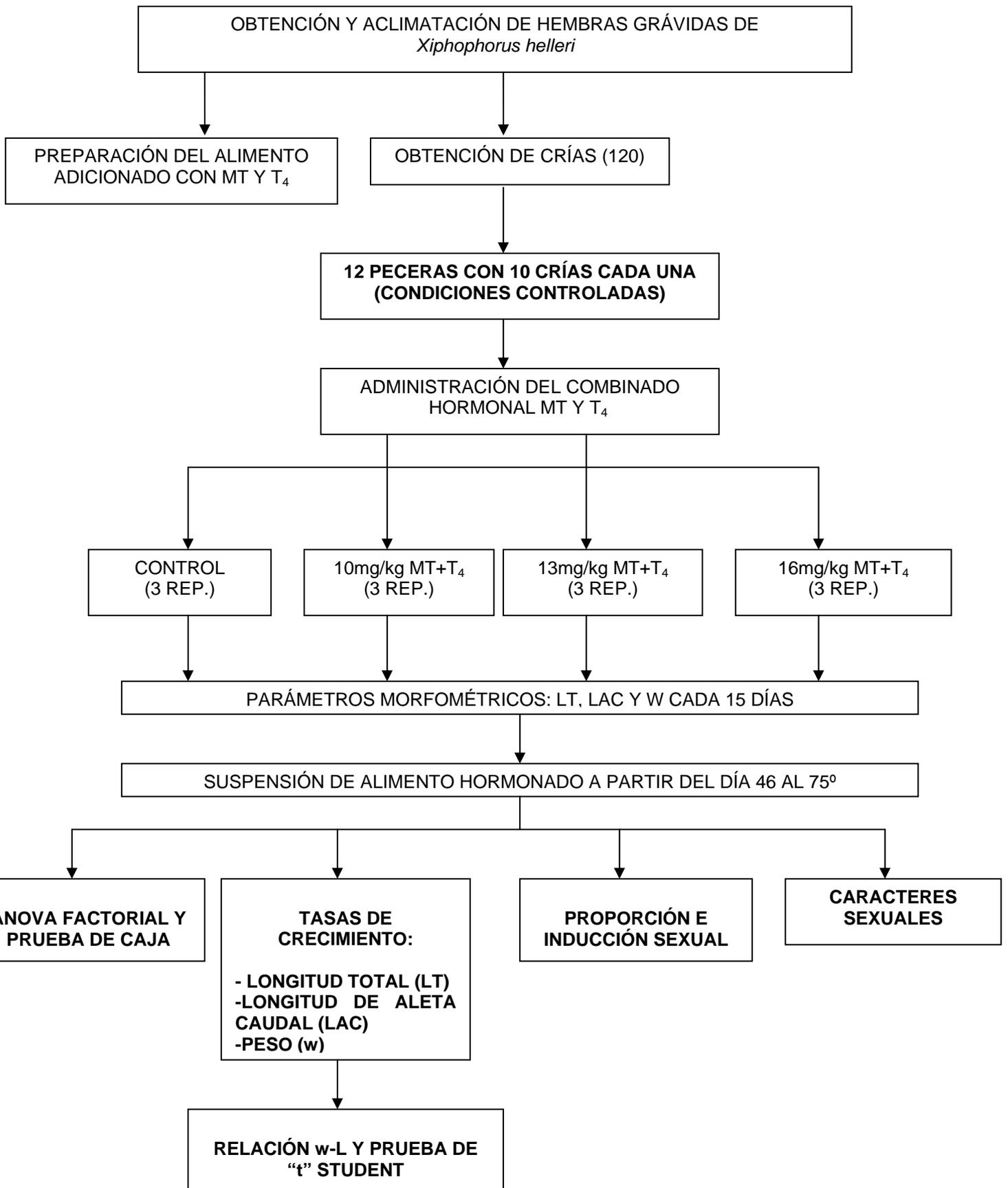
Si la "t" calculada es menor a la "t" de tablas, se acepta Ho, si no se rechaza.

Además se determinaron las tasas de crecimiento para la LT, LAC y W por medio de la fórmula:

$$T.C. = \Delta x/t$$

Donde "x" es sustituida por longitud total (LT), longitud de la aleta caudal (LAC) y peso (w) (Duran et al., 1984).

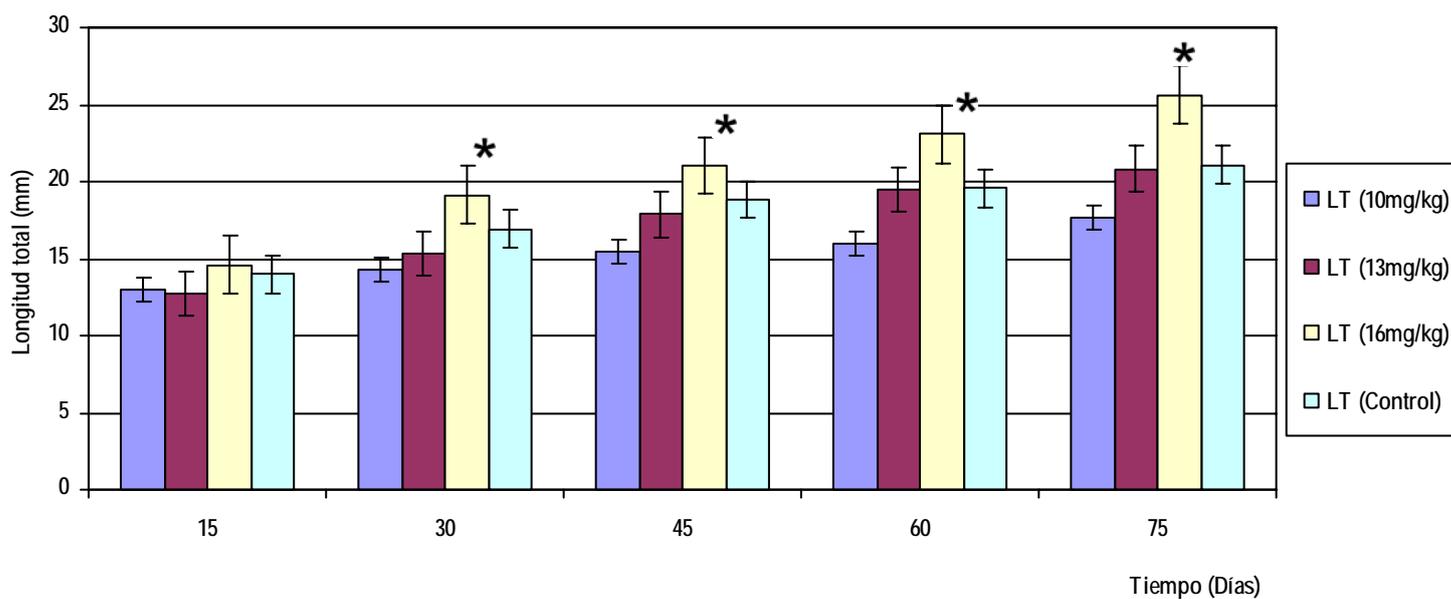
DIAGRAMA DE FLUJO



RESULTADOS

Longitud Total (LT)

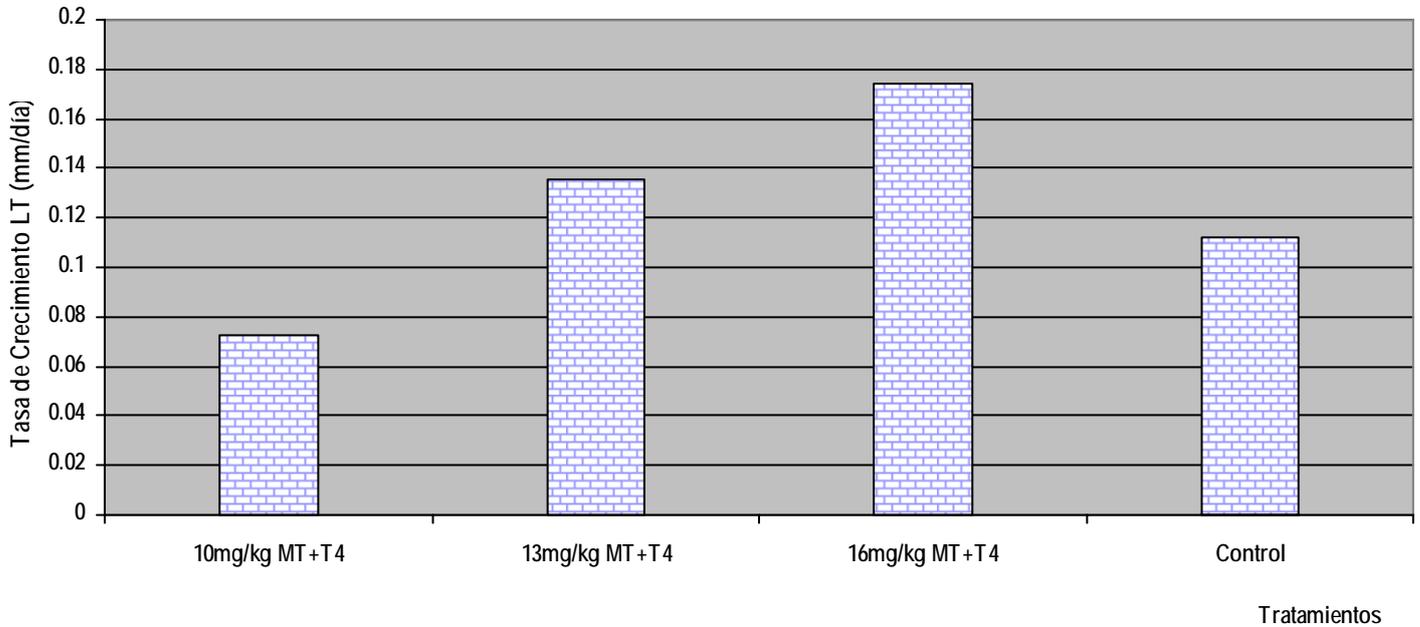
En la gráfica 1 se muestra el crecimiento de la longitud total promedio de los organismos durante la fase experimental. Se observa que finalizada la fase experimental, la LT tiene valores de 17.633 ± 0.47 mm, 20.8333 ± 1.01 mm, 25.633 ± 1.53 mm y 21.066 ± 1.56 mm para las dosis de 10mg/kg, 13mg/kg, 16mg/kg y el control respectivamente.



Grafica 1. Variación de la longitud total promedio (mm) de *Xiphophorus helleri* alimentados con diferentes dosis de combinado hormonal « 17α MT+ T_4 » (10, 13,16mg/kg) y el grupo control. (*) Indica que existen diferencias significativas con respecto a las otras dosis y el grupo control.

Tasa de Crecimiento de LT

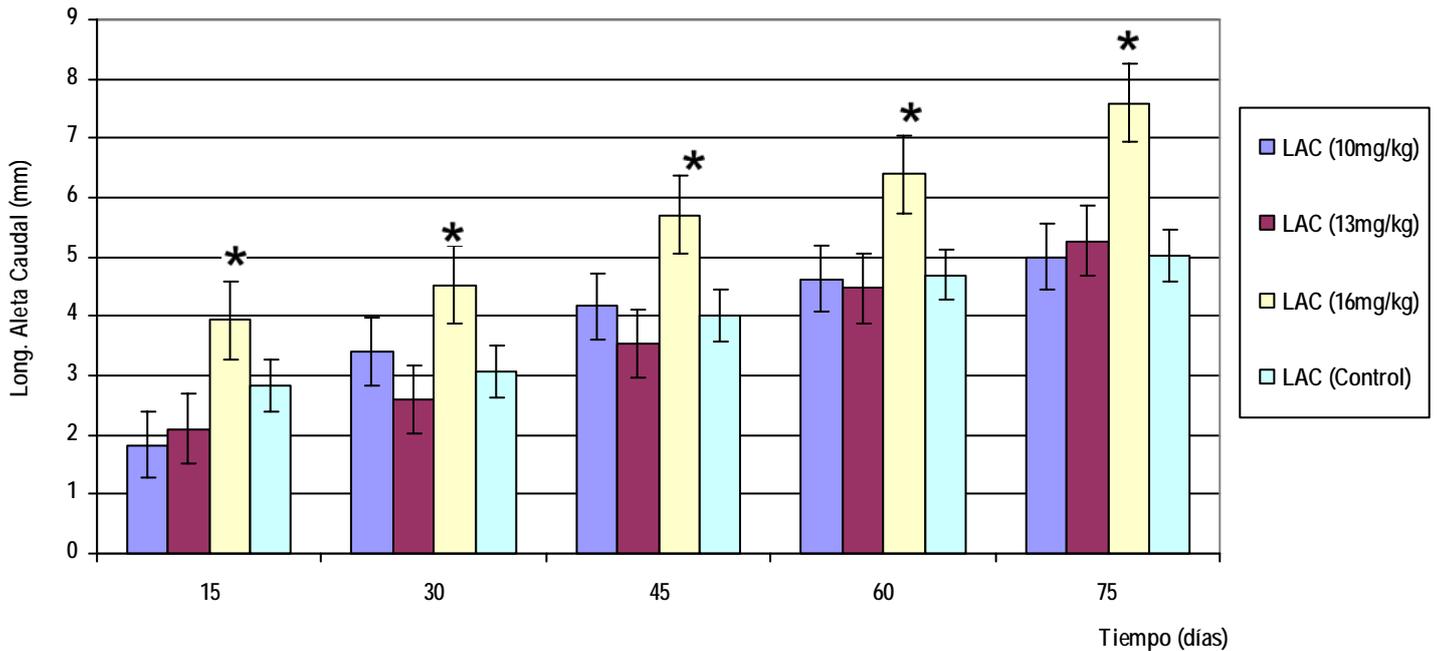
La gráfica 2 muestra la tasa de crecimiento en longitud total siendo para la dosis de 10mg/kg en 0.0724mm/día, la de 13mg/kg fue de 0.1351mm/día, para la dosis de 16mg/kg se obtuvo en 0.1742mm/día mientras que para el grupo control 0.1124mm/día.



Gráfica 2. Tasa de crecimiento en longitud total (mm/día) de *Xiphophorus helleri* al finalizar los 75 días de fase experimental.

Longitud de la Aleta Caudal (LAC)

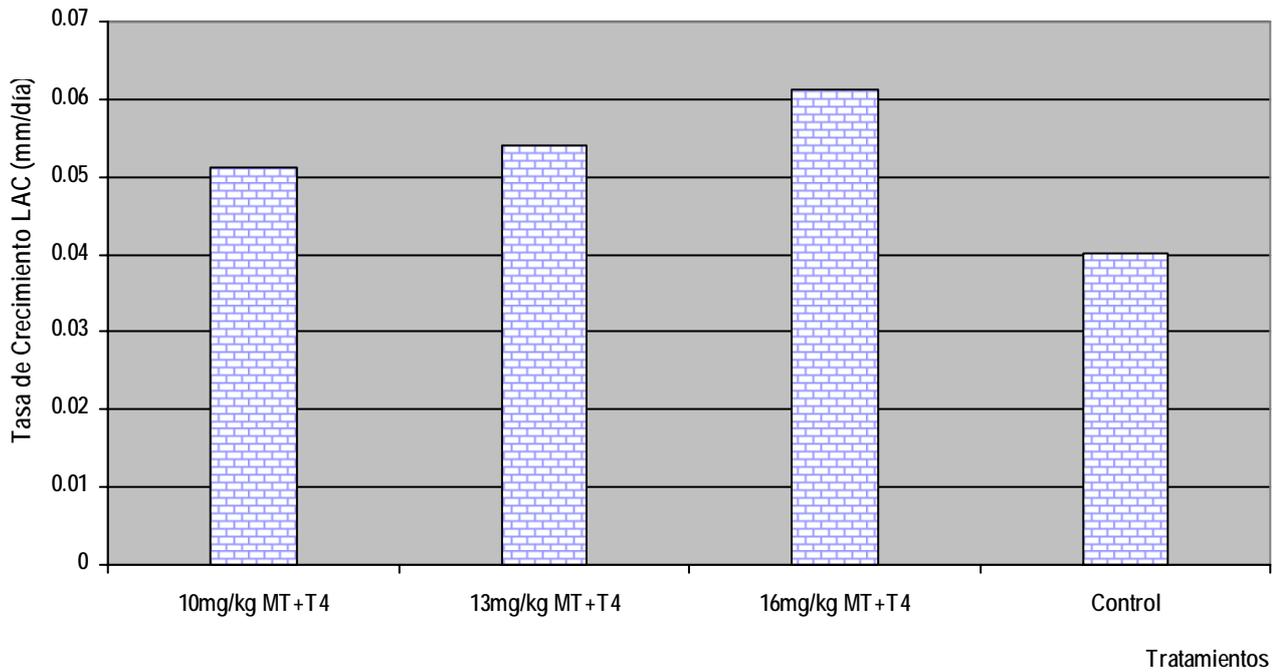
La gráfica 3 muestra la longitud de la aleta caudal promedio de los organismos durante la fase experimental. Se observa que finalizado el tiempo de experimentación los valores obtenidos fueron de 5 ± 0.43 mm, 5.266 ± 1.27 mm, 7.6 ± 0.43 mm y 5.033 ± 1 mm para las dosis de 10mg/kg, 13mg/kg, 16mg/kg y el grupo control respectivamente.



Gráfica 3. Variación en longitud de la aleta caudal promedio (mm) de *Xiphophorus helleri* alimentados con diferentes dosis de combinado hormonal «17 α MT+T₄» (10, 13, 16mg/kg) y el grupo control. (*) Indica que existen diferencias significativas con respecto a las otras dosis y el grupo control.

Tasa de Crecimiento de LAC

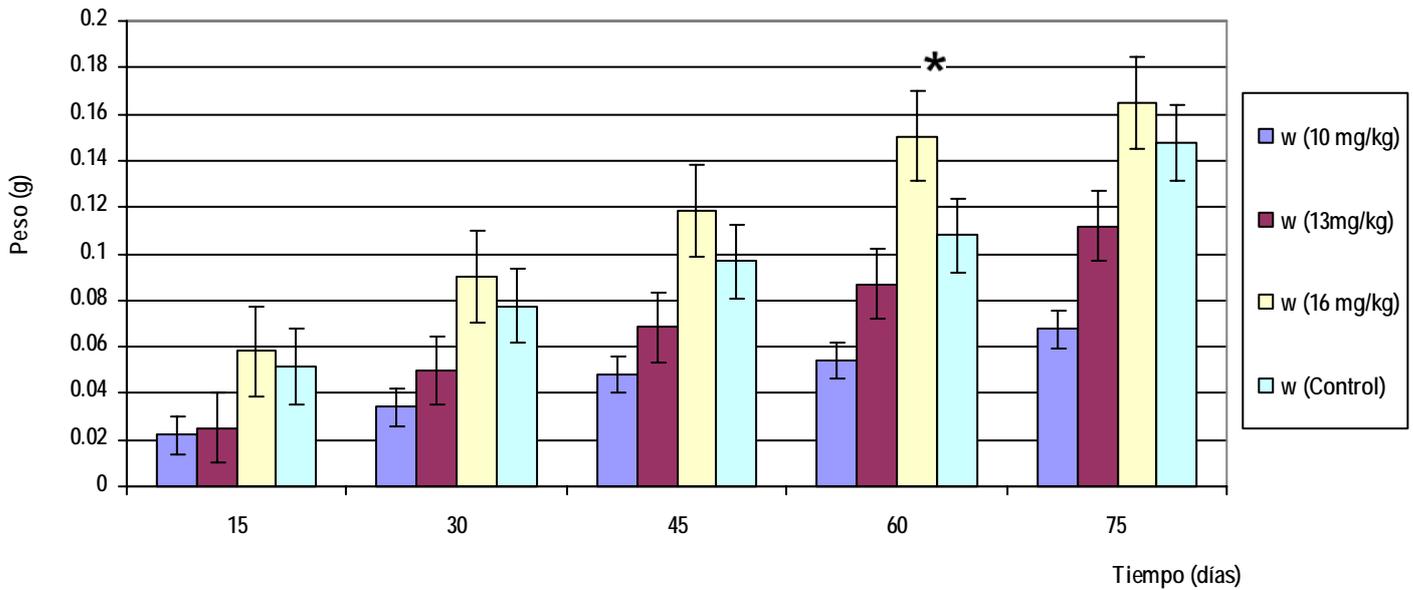
En la gráfica 4 muestra la tasa de crecimiento en longitud de la aleta caudal siendo para la dosis de 10mg/kg en 0.0511 mm/día, la de 13mg/kg fue de 0.054 mm/día, para la dosis de 16mg/kg el valor obtenido fue 0.0613 mm/día y el grupo control 0.0402 mm/día.



Gráfica 4. Tasa de crecimiento de la longitud de la aleta caudal (mm/día) de *Xiphophorus helleri* al finalizar los 75 días de fase experimental.

Peso (w)

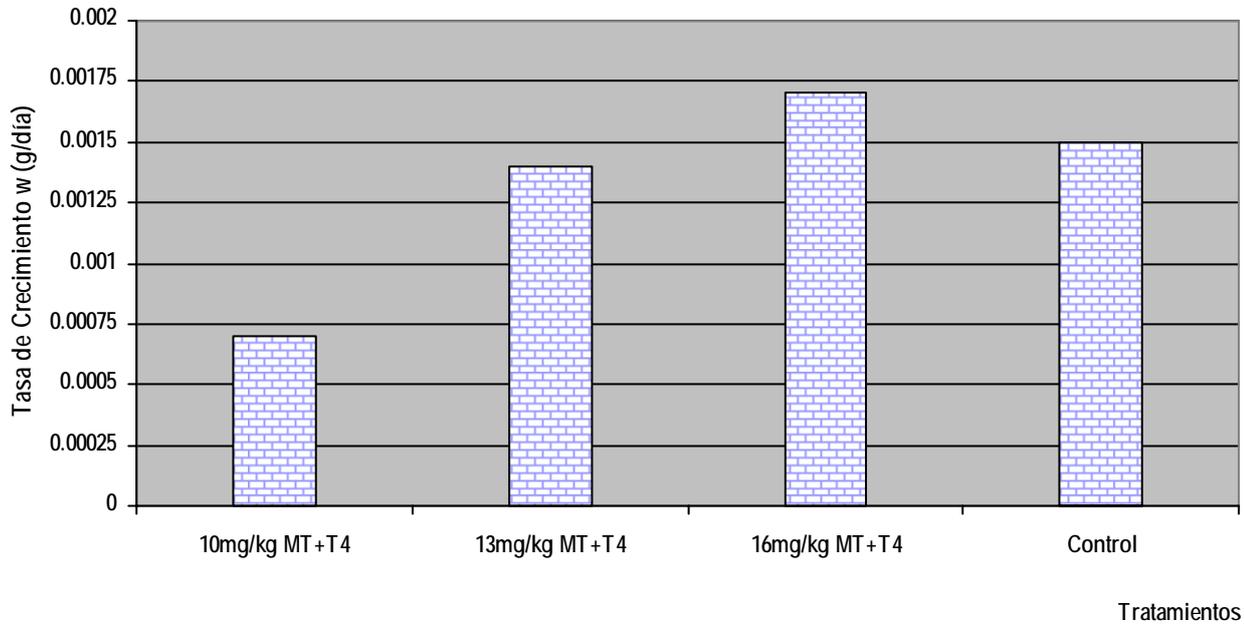
La gráfica 5 muestra el incremento en peso de los organismos durante la fase experimental. Se observan al final valores de $0.0675 \pm 0.006g$, $0.112 \pm 0.022g$, $0.1504 \pm 0.054g$ y $0.1476 \pm 0.027g$ esto para las dosis de 10mg/kg, 13mg/kg, 16mg/kg y el grupo control.



Gráfica 5. Variación de peso promedio (g) de *Xiphophorus helleri* alimentados con diferentes dosis de combinado hormonal «17αMT+T₄» (10, 13, 16mg/kg) y el grupo control. (*) Indica que existen diferencias significativas con respecto a las otras dosis y el grupo control.

Tasa de Crecimiento en Peso (w)

La gráfica 6 muestra la tasa de crecimiento en peso siendo para la dosis de 10mg/kg en 0.0007g/día, en la dosis de 13mg/kg fue de 0.0014g/día, para 16mg/kg fue 0.0017g/día y el control de 0.0015g/día.



Gráfica 6. Tasa de crecimiento en peso (g/día) de *Xiphophorus helleri* al finalizar los 75 días de fase experimental.

Relación w-L

En la tabla 1 se muestran los valores obtenidos de la relación w-L con los diferentes tratamientos y grupo control finalizada la fase experimental (75 días).

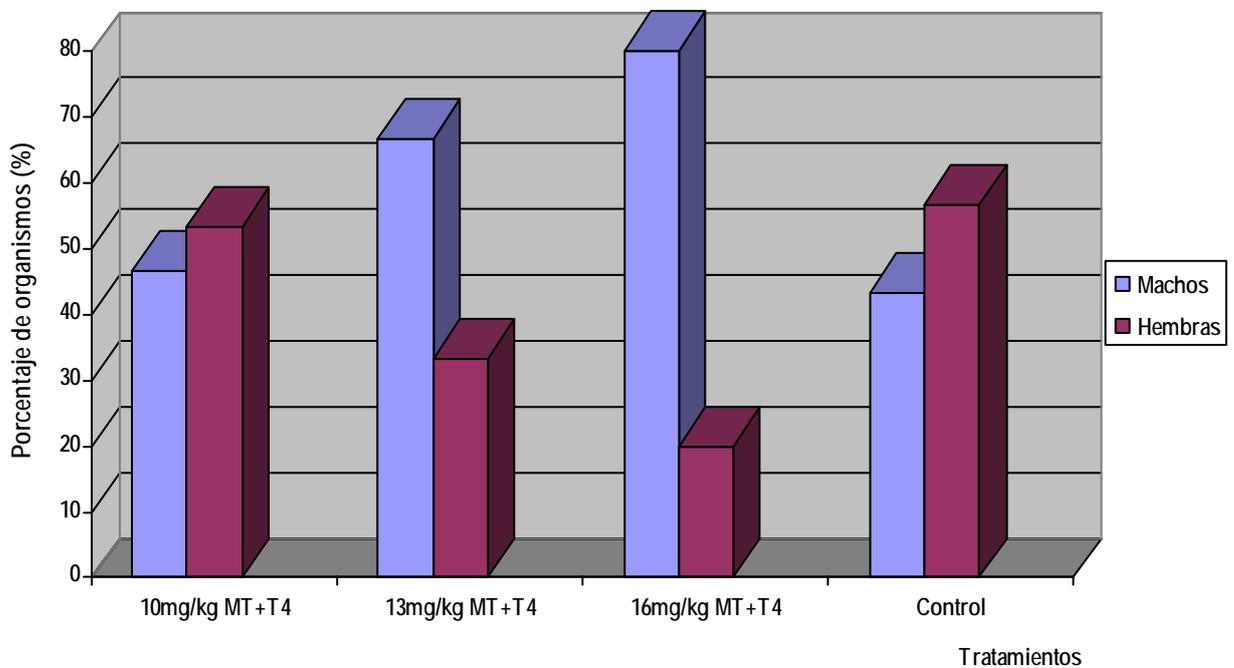
Tabla 1. Valores del factor de condición (a) y tipo de crecimiento (n)

Dosis	Factor de Condición (a)	Tipo de Crecimiento (n)	Tipo de Relación
10mg/kg	0.000009	3.1	Alométrico
13mg/kg	0.00002	2.8	Isométrico
16mg/kg	0.0006	1.7	Alométrico
Control	0.0001	2.8	Isométrico

Proporción e Inducción Sexual

Al término del tratamiento los porcentajes para las dosis de 10mg/kg fueron de 46.67% machos y 53.34% hembras con una proporción sexual promedio de 1:1.1, en la dosis de 13mg/kg fue 66.67% machos y 33.34% hembras con la proporción de 1:0.5. Para la dosis de 16mg/kg los valores obtenidos fueron de 80% machos y 20% hembras teniendo una proporción sexual de 1:0.25 y para el grupo control fue de 43.34% machos y 56.67% hembras y su proporción sexual promedio fue de 1:1.3

Al final de la fase experimental se obtuvo un valor en porcentaje de machos y hembras totales siendo este de 59.16% de machos y 40.83% hembras.



Gráfica 7. Proporción sexual (%) de *Xiphophorus helleri* al finalizar los 75 días de fase experimental.

Al finalizar el periodo experimental se observó en la dosis de 16mg/kg, a una hembra inducida con una mayor talla y volumen, similar al que presentan las hembras pero con características típicas de un macho.

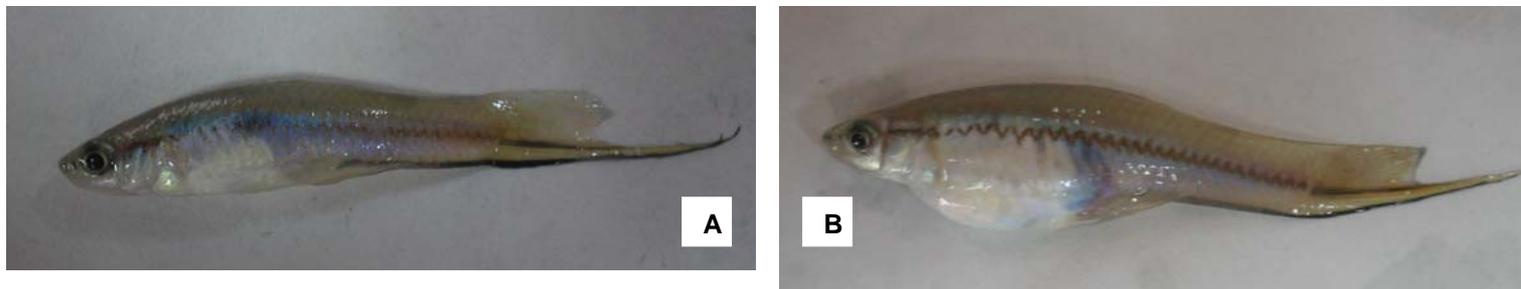


Fig 3. Comparación de un macho (A) con una hembra inducida sexualmente (B) en la dosis de 16mg/kg de MT-T₄.

DISCUSIÓN y ANÁLISIS

Longitud Total (LT)

El efecto de la $17\alpha\text{MT-T}_4$ sobre el crecimiento en longitud total de los organismos es directamente proporcional a la concentración. Podemos observar que los organismos expuestos a la concentración de 16mg/kg reflejan un mayor crecimiento que en aquellos expuestos a 10mg/kg, 13mg/kg y el grupo control ($p < 0.05$) pasados los 45 días de administración hormonal (gráfica 1).

Al finalizar los 75 días de fase experimental hay una ganancia mayor de longitud total en la dosis de 16mg/kg y control comparado con las dosis de 10mg/kg y 13mg/kg.

Acorde a lo anterior, se observa que el crecimiento en la longitud total de los organismos se incrementa con el uso de la $17\alpha\text{MT-T}_4$ en concentraciones superiores a los 10mg/kg, lo que concuerda con lo observado por Martínez en el 2002 el cual reporta mayor crecimiento de la LT en *Xiphophorus helleri* variedad roja con el uso de testosterona en la dosis de 15mg/kg; de la misma manera Márquez en 1999 observa también resultados en la ganancia de LT con el uso por separado de las hormonas $17\alpha\text{MT}$ y dietilelbestrol en *X. helleri* obteniendo efectos de crecimiento en longitud total de hasta 84mm en hembras grávidas adultas de la especie en un periodo de 45 días. De la misma forma, Fuentes en 1998 quien al trabajar con *Xiphophorus helleri* administrando $17\alpha\text{MT}$ vía oral en dosis de 12.5mg/kg obtuvo un valor de 23.75mm en LT de los organismos tratados en comparación a sus controles.

Por otra parte, los resultados obtenidos contrastan con Guardado en el 2005 debido al tiempo en el cual se administra la hormona consiguiendo una ganancia de LT en *Xiphophorus helleri* de 44.17mm para 10mg/kg y 44.13mm para 12.5mg/kg a partir del día 90 en la dosis más alta mediante la aplicación de D-Tiroxina adicionada al alimento. Sin embargo, los valores encontrados concuerdan con Nacario (1983), el cual administró por el método de inmersión la hormona tiroxina en larvas y alevines de *Saroterodon niloticus* a concentraciones de 0.1, 0.3 y 0.5 ppm teniendo un efecto significativo en longitud total al finalizar el primer mes de tratamiento con la dosis más alta. Estos autores toman como base el trabajo realizado por Barrington (1975), siendo de los primeros autores que trabaja con tiroxina para el crecimiento en LT y peso de *Salmo gairdneri* mediante la adición de polvo en el alimento.

Las investigaciones mencionadas respaldan los datos obtenidos en el presente trabajo ya que las hormonas sexuales y tiroideas intervienen de manera directa en el desarrollo de los organismos tratados, esto se puede deber según Santandreu y Díaz (1994) a que la administración de andrógenos en peces incrementa la síntesis de proteínas, aumenta la

actividad proteolítica del tubo digestivo, optimiza la absorción de aminoácidos del intestino e incrementa el sistema muscular. Esto fue observado en la especie *Oncorhynchus masou* con dosis de 0.1, 1.0, 3.0 y 7.0mg/kg de 17α MT.

Noteolovitz en el 2002 encuentra que estas sustancias son responsables en gran medida del desarrollo y buena salud de los huesos ya que en la mayoría de las células óseas las hormonas encuentran receptores. Además que las hormonas tiroideas están íntimamente relacionadas al consumo de oxígeno y la osmoregulación celular en peces óseos (Norris, 1997).

Lo anterior nos indica que los organismos tratados acumulan una mayor cantidad de masa ósea por efecto directo sobre el proceso osteogénico, así como desarrollo y crecimiento de las células de los huesos, teniendo como una consecuencia el aumento de algunos caracteres, más específicamente la ganancia en LT, como se observó en el presente trabajo, donde los individuos hormonados presentaron mayor longitud durante el tratamiento sobre todo con la dosis más alta, que en este caso fue de 16mg/kg.

Longitud de la Aleta Caudal (LAC)

Los resultados de esta investigación muestran una relación directa entre las dosis y el crecimiento de longitud de la aleta caudal (LAC). Durante los tiempos de tratamiento la dosis de 16mg/kg comparada con 10mg/kg, 13mg/kg y el control muestran un mayor crecimiento. Desde el comienzo de la fase experimental hasta los 45 días de alimentación con el combinado hormonal, la dosis de 16mg/kg tuvo considerablemente el valor más alto (5.7mm) (gráfica 3).

Para el día 75 la dosis de 16mg/kg se dispara aceleradamente seguida por el tratamiento de 13mg/kg. El crecimiento de LAC se mantuvo constante en las dosis de 10mg/kg y el grupo control valores casi idénticos, presentando para ese entonces la aparición de la espada (principal carácter fenotípico) distintivo del dimorfismo sexual en machos.

Estos resultados pueden compararse y a la vez contrastar con los obtenidos por Fuentes en 1998 debido a la edad de los organismos y tiempo de administración de la hormona, quien al trabajar con *Xiphophorus helleri* y administrar una dosis de 12.5mg/kg de 17α MT a crías de 10 días de nacidas observa un aumento de la longitud de la aleta caudal de hasta 10mm en peces al finalizar el tratamiento en comparación con sus controles. Fuentes logra la inducción de hembras a machos, observando los caracteres secundarios entre los que se encuentra la aparición de la cola de espada. El presente trabajo presenta como objetivo inducir los organismos hacia machos, donde la presencia de una aleta caudal más grande, es la característica principal que se busca. Por lo tanto se puede atribuir de acuerdo a los resultados obtenidos, que la LAC en el caso de los peces tratados en esta investigación, es entre otras cosas el resultado del efecto de las hormonas, principalmente el andrógeno promueve el aumento de longitud en la aleta caudal así como el crecimiento de los huesos y otros tejidos (Noteolovitz, 2002), el incremento en la síntesis de proteínas y el aumento en la ingestión de alimento que se ve reflejado en el crecimiento, y adquisición en algunos caracteres de los organismos (Santandreu y Díaz, 1994), en este caso la longitud de la aleta caudal.

Es importante resaltar que la mayoría de los trabajos no mencionan la LAC, por lo tanto, este trabajo puede considerarse como un antecedente que arroja datos importantes sobre el comportamiento de este parámetro en *Xiphophorus helleri* para posteriores investigaciones, ya que se considera un carácter de importancia comercial en algunas de las especies de ornato.

Peso (w)

Los datos obtenidos durante la presente investigación, muestran un incremento en peso directamente proporcional a las dosis, al utilizar las hormonas $17\alpha\text{MT-T}_4$ sobre los organismos. En este caso, la dosis hormonal, de 16mg/kg fue la que más efecto causó sobre los individuos, Durante la medición en el día 45 de tratamiento, la dosis de 16mg/kg se encuentra relativamente por arriba respecto a la dosis de 10mg/kg, 13mg/kg y control respectivamente. Después, en el día 75, el valor más elevado favorece a la dosis de 16mg/kg; sin embargo, se observa que el grupo control muestra un número muy cercano. Por otro lado la dosis de 10mg/kg arroja el resultado mas bajo en la última medición.

Al aplicar las pruebas estadísticas sobre este parámetro se presentan diferencias significativas ($p < 0.05$) que favorecen a la dosis de 16mg/kg en el día 60; aunque al final de la fase experimental el incremento en peso ya no presenta diferencia significativa en relación a otras dosis y el grupo control. (gráfica 5).

Los resultados anteriores pueden compararse en tiempo con los obtenidos por Guardado en 2005 quien observa una ganancia en cuanto a crecimiento en peso de *Xiphophorus helleri* por la administración de D-Tiroxina en el alimento, teniendo un valor de 1.119g para 10mg/kg y 1.118g para 12.5mg/kg hasta los 90 días de edad siendo significativo a partir de los 45 días de tratamiento en ambas dosis.

Márquez, *et al.* (1994), al trabajar con $17\alpha\text{MT}$ y Dietilelbestrol en dosis de 12.5mg/kg adicionada al alimento obtiene crecimiento en peso de hasta 3.95gr en hembras grávidas adultas de *Xiphophorus helleri* debido al aumento de la masa muscular y un incremento en la ingesta de alimento a lo largo del tratamiento favoreciendo a que las hembras fueran inducidas sexualmente hacia machos. En lo referente al crecimiento, Reddy y Lam (1992), observa efectos de crecimiento en aletas anal, dorsal y pectorales así como la formación de escamas por la aplicación de Eltroxin (L-tiroxina-sodio, T_4) en dosis de 0.01, 0.02, 0.05 y 0.10 ppm en larvas y alevines de la carpa dorada *Carassius auratus*.

Por otro lado, investigadores como Shelbourn *et al.* (1992), al aplicar $17\alpha\text{MT}$ y 3,5,3'-triodo-L-tironina por inmersión y adherida al alimento en diferentes concentraciones, sobre *Oncorhynchus kisutch*, obtiene un efecto de crecimiento en cuanto al peso del organismo en algunas de sus etapas del desarrollo, lo que concuerda con el objetivo final de la hormona T_4 .

Santandreu y Díaz (1994), en su trabajo sobre el crecimiento del salmón *Oncorhynchus masou*, al aplicar dosis de 0.1, 1.0, 3.0 y 7.0mg/kg de $17\alpha\text{MT}$ observa un aumento del peso de los organismos, que se debe a la estimulación de la hormona. Esto se debe a que los andrógenos pueden ser efectivos promotores de crecimiento incrementando así la síntesis de

proteínas en varios tejidos incluyendo los musculares, que como se sabe son los que proporcionan en gran parte el peso del organismo.

Todos los autores anteriores mencionan que la aplicación de este tipo de hormonas también incrementa la ingesta de comida es decir se eleva el apetito de los organismos, por la absorción de las proteínas y poca actividad catabólica, que se ve reflejada en un aumento en el peso del organismo.

Cabe mencionar que el tipo de alimento purina trucha iniciador contiene un 50% de proteína y un 15% de grasa, por lo tanto el aporte de la proteína con la ración es eficaz cuando la mayor parte posible de aquella se aprovecha para la constitución de proteína corporal, es decir para producir aumento de peso en el organismo.

Si el organismo dispone de poca proteína (en base al valor nutricional del alimento), habrá un menor crecimiento de los peces (Steffens, 1987). Sin embargo, el crecimiento no siempre es el resultado de la síntesis de las proteínas. Muy a menudo se debe a un aumento en el contenido de grasa en los tejidos. Si bien la proteína causa la acumulación de grasa y en consecuencia el crecimiento, esto también se logra con dietas ricas en carbohidratos (Hepher, 1993). Por consiguiente, cuando la dieta es deficiente en cualquier nutrimento esencial para el crecimiento, como un aminoácido, un ácido graso, una vitamina o un mineral esencial, se requiere una alimentación equilibrada para satisfacer la necesidad de estos elementos deficientes. También es importante el destino del nutriente en el cuerpo, ya sea que se convierta en tejido proteico o se acumule como lípido. Sin embargo, cuando los peces se alimentan en exceso, cuando el alimento no es adecuado y, o cuando las condiciones ambientales son desfavorables la eficiencia disminuye con rapidez (Hepher, *op. cit.*).

Probablemente la tiroxina acelera el metabolismo, provocando un incremento de la producción de calor y por lo tanto hay una pérdida de peso y una reducción de las grasas debido a la mayor demanda de calor (Eckert y Randall, 1994). También las hormonas tiroideas tienen un efecto relacionado con los carbohidratos, lípidos y el metabolismo de las proteínas (Norris, 1997). Por otra parte, el crecimiento en peso también se puede ver afectado por el ciclo reproductivo, ya que la maduración de las gónadas usualmente incrementa el peso o se inhibe, incluso se suspende temporalmente el crecimiento y enseguida es correlacionado con el peso total del pez.

Las gónadas, totalmente desarrolladas, pueden constituir una proporción considerable del peso corporal total, ya que puede ser el 20% del peso total del pez, en otras especies superan el 30% su valor total (Lagler 1984; Hepher, 1993).

Relación peso-longitud (w-L)

De los resultados arrojados en esta investigación, sobre la relación peso-longitud, se obtuvo un mayor factor de condición (a) en la dosis de 16mg/kg seguida del grupo control y la dosis de 13mg/kg teniendo por último, el valor más bajo, en cuanto al factor de condición, lo obtuvo la dosis de 10mg/kg. Como se puede observar, los individuos de 16mg/kg y el grupo control son los que tuvieron un mejor estado fisiológico, en comparación las dosis de 10mg/kg y 13mg/kg (Tabla 1.); lo cual indica que la dosis de 16mg/kg seguida del grupo control aprovechan mejor los recursos, esto puede deberse al incremento en la ingesta de comida y al aumento en la síntesis de proteínas como consecuencia de ser la dosis más alta utilizada.

Comparando la dosis anterior con la de 10mg/kg, vemos que obtiene el valor más pequeño en cuanto al factor de condición, lo cual indica que posiblemente el estado fisiológico de los organismos se ve afectado, lo cual se refleja a lo largo de la fase experimental con los valores más bajos en longitud total, longitud de la aleta caudal y caracteres sexuales secundarios (Gráficas 1 a 6).

En cuanto al tipo de crecimiento (n), este valor está basado en la ecuación del modelo de crecimiento $W=aL^n$ el cual refleja básicamente que los organismos incrementan proporcionalmente su peso en la misma proporción al incremento de su longitud en relación al volumen que ocupa su cuerpo ($V \propto L^3$).

Al aplicar las pruebas estadísticas sobre estos valores, las dosis de 16mg/kg y 10mg/kg, el tipo de crecimiento fue alométrico (1.7) y (3.1), esto quiere decir que el incremento proporcional en peso no fue proporcional al crecimiento en longitud; sacrificando en la dosis de 10mg/kg el estado fisiológico de los peces en comparación con la dosis de 16mg/kg en la cual los organismos poseen el mejor estado fisiológico debido al mejor aprovechamiento del combinado hormonal (MT+T₄) aparentemente por el uso de la dosis más alta.

Para la dosis de 13mg/kg y el grupo control con un valor semejante de 2.8 el crecimiento fue de tipo isométrico (2.8), esto significa que hubo un aumento proporcional entre el peso y la longitud del organismo.

La aparente inestabilidad en esta relación peso-longitud con las dosis utilizadas puede deberse que al ser tratados con una hormona promotora de características masculinas unida a una hormona de crecimiento el aumento en talla es mayor al aumento en peso debido al marcado dimorfismo sexual que presenta esta especie siendo los machos de tamaño más largo con la presencia de la cola larga a las hembras de mayor peso con la ausencia de la aleta caudal en forma de espada.

Aún así, los valores obtenidos en esta investigación, en cuanto al factor de condición y tipo de crecimiento, sugiere que los organismos tratados en dosis de 16mg/kg presentaron una buena calidad de vida (Guardado, 2005).

Proporción e Inducción Sexual

Los resultados observados en este trabajo con la administración de la $17\alpha\text{MT}+\text{T}_4$ tenemos una mayor proporción de machos en la dosis de 16mg/kg y en una menor cantidad en el grupo control observada después de 45 días de tratamiento con el combinado hormonal. Posteriormente de transcurridos 45 días de alimentación con nutrimento hormonado, el porcentaje de machos y hembras se mantiene constante y en igualdad de número de organismos hasta llegar al día 75.

Lo anterior nos puede indicar que hay un efecto en cuanto a la inducción sexual para la obtención de una población monosexo de machos como se pretendía en los organismos, esto lo podemos observar en la gráfica 7, donde al final del tratamiento, y pasados los 45 días con alimento libre de hormona, la proporción más grande en machos fue para la dosis de 16mg/kg (1 macho : 0.25 hembra) y el más bajo el grupo control (1 macho : 1.3 hembra); si comparamos los valores obtenidos, en cuanto al número de individuos por sexo, entre las dosis y el grupo control, nos indica que las hormonas $17\alpha\text{MT}-\text{T}_4$ en dosis de 16mg/kg actúan sobre la inducción sexual en las crías de *Xiphophorus helleri*.

Al comparar la presente investigación con otras realizadas, Martínez en 2002, quien trabajó hembras grávidas de *Xiphophorus helleri* variedad roja induce a una reversión sexual con el uso de la $17\alpha\text{MT}$ siendo la dosis de 15mg/kg la ideal para el desarrollo de la espada con mayor rapidez. Otro trabajo que arroja resultados con el uso de la $17\alpha\text{MT}$, es el realizado por Márquez (1999) promoviendo diferenciación en la morfología y estructura de la gónada de *X. helleri* obteniendo un 85.7% de inducción sexual a machos con la aplicación de dosis de 12.5mg/kg y un 84.36% a hembras adultas a través de dietilestilbestrol con una dosis de 10mg/kg; esto contrasta con el diseño experimental ya que las dosis de esta investigación fueron exclusivamente administradas en crías recién nacidas.

Continuando con los trabajos, podemos mencionar el realizado por Nava-Bautista y Rodríguez-Gutiérrez (1995), sobre crías de *Xiphophorus helleri* a través del alimento en dosis de 35mg/kg durante 40 días reportando un porcentaje de 100% de machos inducidos.

Por su parte, Lim *et al.*, (1992), trabajó con *Xiphophorus helleri* variedad roja induciendo a una reversión sexual con la administración de $17\alpha\text{MT}$ a través alimento con dosis de 50, 100, 200, 300, 500 y 700mg/gr obteniendo un 100% de inducción a los 10 días de tratamiento en las dosis más altas. Otras investigaciones que reportan buenos resultados con dosis parecidas son los de

Pandian y Sheela (1995), que inducen sexualmente a la familia Poeciliidae y sus especies *Xiphophorus helleri* y *Poecilia reticulata* al administrar $17\alpha\text{MT}$ y 17β -estradiol, con cantidades que van de 200-400 mg/kg refiriéndose que solo con dosis de esta magnitud se logra una

inducción sexual completa y que la manera mas recomendable para hormonar es a través del alimento en el caso de estas especies. Gomelsky *et al.* (1994), al trabajar con *Cyprinus carpio*, administrando 100 ppm de metiltestosterona en el alimento, logra como porcentaje más alto 96.6% de machos inducidos en periodo de 40 días.

Como se puede observar las concentraciones más altas demuestran un mejor efecto sobre la inducción de los individuos tratados en un intervalo de tiempo más corto; sin embargo, la mayoría de estos autores reportan alta mortandad en los organismos; tal es el caso de Gomelsky *et al.* (1994), el cual reporta de un 30% a un 45% de mortandad de los organismos tratados; Pandian y Sheela (1995), enfatizan esta situación, ya que de acuerdo a ellos la mayoría de los esteroides sintéticos y algunos naturales en dosis muy elevadas, causan la muerte de los organismos y esto interviene de manera directa en la obtención de las poblaciones monosexo, debido a la sensibilidad que presentan las hembras o los machos tal sea el caso, por efecto de la dosificación.

Márquez en 1999, resalta la mortandad que estas hormonas pueden producir en altas concentraciones sobre los organismos tratados y de esta manera explica por que utiliza concentraciones bajas de estas sustancias en comparación con otros autores, obteniendo buenos resultados en cuanto a la supervivencia, inducción sexual y reduciendo considerablemente los costos del tratamiento.

Por lo anterior, en la presente investigación se justifican las dosis utilizadas, ya que la mayoría de los organismos tratados resistieron, con un porcentaje de 95% de sobrevivientes, de un total de 114 organismos con tratamiento, es decir la suma de los individuos de la dosis de 10mg/kg, 13mg/kg, 16mg/kg y el control y las muertes ocasionales fueron debidas a factores muy diferentes a la dosificación, posiblemente la suspensión del alimento hormonado o la falta de aclimatación ya que en la dosis de 16mg/kg, la más alta utilizada, solo 1 organismo murió en comparación con 3 decesos en la dosis de 10mg/kg y 2 del control, por lo que se puede decir que las concentraciones utilizadas no afectan la salud y calidad de vida de los peces.

Caracteres Sexuales

En este sentido los resultados solo fueron apreciados de manera subjetiva ya que se compararon las diferentes características morfológicas que presentaron los organismos al finalizar el tratamiento, entre estas se pueden observar un mayor colorido conforme aumenta la dosis del combinado hormonal y lo mismo sucede con los caracteres sexuales secundarios como son la presencia de gonopodio y la aleta caudal en forma de espada; estos datos contrastan con los obtenidos por Kramer y Kallman (1985), quien reporta estas observaciones en *Xiphophorus helleri* tratando de determinar el sexo en los primeros estadios de desarrollo. Encontrando que a partir de la décimo octava etapa del desarrollo embrionario es posible reconocer dimorfismo sexual basado en ciertas características presentes en la gónada, argumentando que el sexo queda determinado antes del nacimiento; sin embargo, para observar estas situaciones de manera precisa, sería necesario llevar a cabo otro tipo de estudios sobre estos organismos. Lo anterior es importante de resaltar porque aunque los objetivos planteados no se dirigían directamente a buscar estas situaciones específicas, si son un efecto secundario de los tratamientos y la puerta hacia otras investigaciones, como por ejemplo el uso de estas hormonas en lo que se refiere a la fecundidad de los organismos.

Con el uso de las hormonas $17\alpha\text{MT-T}_4$ no solo se logró obtener poblaciones de machos, sino que además el uso de estas hormonas mejora la calidad comercial de estos organismos con lo cual esta técnica se convierte en una ventaja económicamente productiva, no solo porque es de fácil aplicación sino por la venta de ejemplares en la industria de la acuicultura con fines ornamentales mejorando las características de la especie para así lograr mejores utilidades.

CONCLUSIONES

- Las hormonas $17\alpha\text{MT}$ y T_4 combinadas en el alimento tienen un efecto en el crecimiento e inducción sexual de *Xiphophorus helleri*.
- La dosis de 16mg/kg $\text{MT}+\text{T}_4$ durante los primeros 45 días de tratamiento sobre crías recién nacidas es la más recomendable para este tipo de técnica en acuicultura, ya que actúa como un promotor del crecimiento y en cuanto a los parámetros morfométricos longitud total, longitud de la aleta caudal y peso registran los valores más altos durante la presente investigación.
- Debido al efecto de la $17\alpha\text{MT}$ y T_4 la relación peso-longitud y el tipo de crecimiento en la dosis de 16mg/kg fue de tipo alométrico con una mayor ganancia en talla que en peso.
- La dosis de 16mg/kg $\text{MT}+\text{T}_4$ promueve la inducción sexual hasta de un 80% de machos comparada con otros autores con la misma dosis (1 macho : 0.25 hembra).

ANEXOS

Anexo 1. Biología de *Xiphophorus helleri*

Nombre: *Xiphophorus helleri* (Heckel, 1848).

Nombre común: Pez Cola de Espada; Swordtail fish (Inglés).

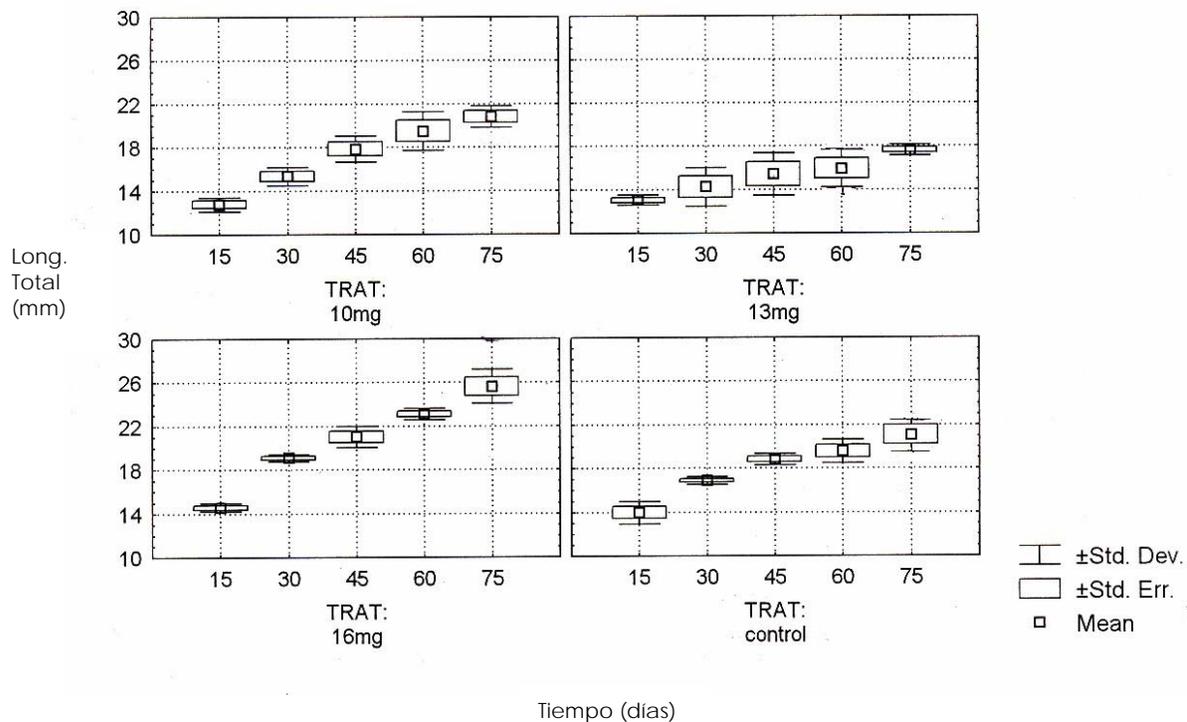
Distribución: Originaria de Centroamérica y de las vertientes del Atlántico de México. Se le encuentra ampliamente distribuida en las aguas continentales mexicanas. Fueron introducidos artificialmente en la parte central de la República Mexicana con una amplia distribución que va desde Veracruz hasta Centroamérica (Alvarez, 1970). Viven en aguas con corrientes y abundancia de pastos con barro en el fondo que es la base del crecimiento de la vegetación acuática. Esta agua se ha reportado con un pH de 7.3 con una temperatura entre 22 a 25°C. Estos peces viven en bancos entre la vegetación donde hay mayor corriente de agua (Kallman, 1975).

Estos peces presentan dos estrategias ecológicas que les permite colonizar diferentes hábitats, uno es que las hembras portan las crías hasta que estas nacen por lo que son considerados como peces vivíparos y la segunda es su alta resistencia a cambios de temperatura y salinidad (Meffe y Snelson, 1989).

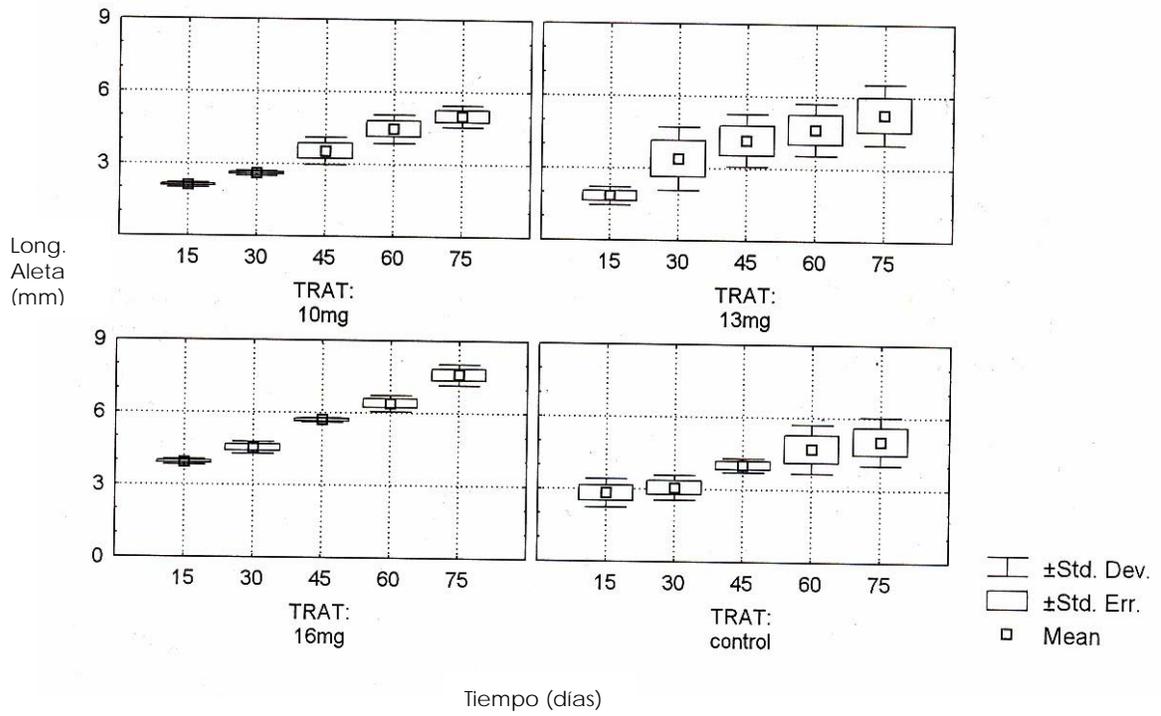
Características fenotípicas: Son peces que presentan un marcado dimorfismo sexual de fecundación interna, en el macho maduro se modifican los cinco primeros radios de la aleta anal, el quinto radio forma un gancho mayor que los otros radios, esta estructura recibe el nombre de gonopodio, su función es la transferencia de espermatozoides en el momento de la cópula. Ambos sexos presentan una banda oscura y rasgos rojos en los costados, la aleta anal consta de 11 hasta 17 radios. (Alvarez, 1970).

Este cambio de la madurez sexual es genéticamente controlado pero también se ve influida por las condiciones ambientales. Otras observaciones que se han hecho para *Xiphophorus helleri* Son las siguientes: Promedio mínimo de talla reproductiva en hembra 35.6mm, promedio de gestación 60 días, promedio de peso en hembras grávidas 15.2g, intermedio entre puestas 29.2 días, promedio de maduración en machos 34.9mm (Meffe y Snelson, 1989).

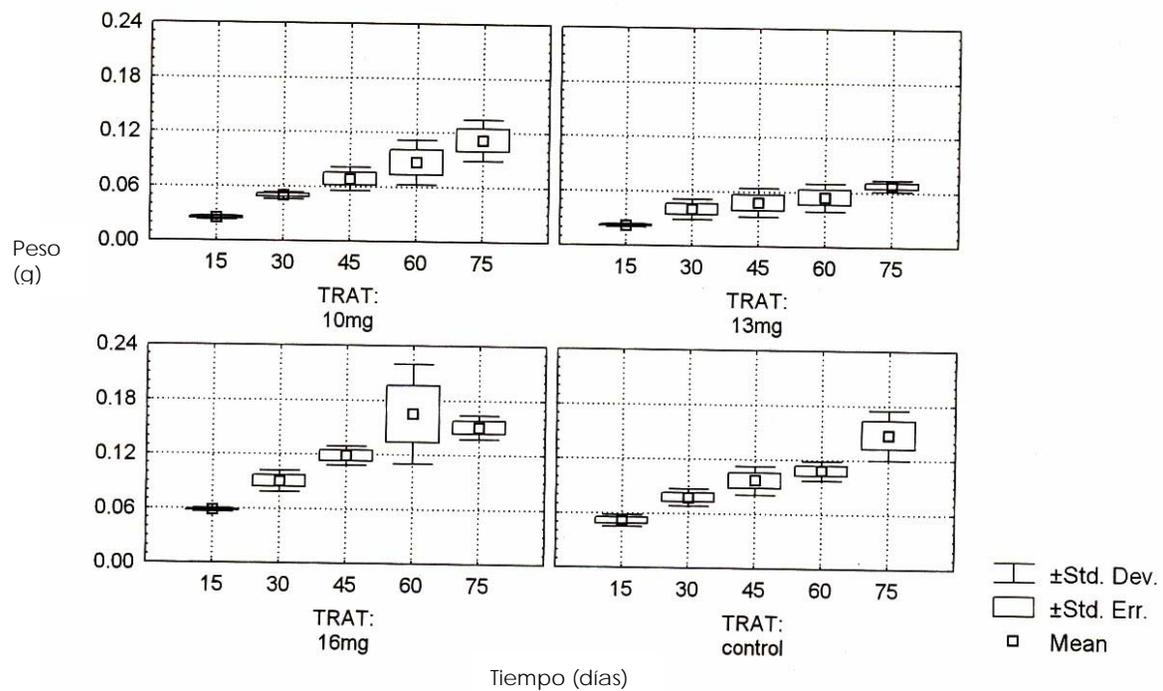
Anexo 2. Prueba estadística en diagrama de caja para la variable de longitud total



Anexo 3. Prueba estadística en diagrama de caja para la variable de longitud de la aleta caudal



Anexo 4. Prueba estadística en diagrama de caja para la variable de peso



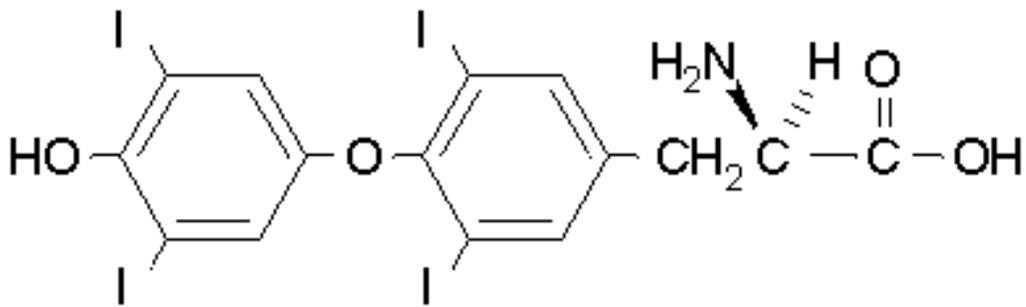
Anexo 5. Prueba estadística de “t” aplicada a los valores de “n” en la relación peso-longitud de la especie *Xiphophorus helleri* (Tabla 2).

Tratamiento	S	Sst	n=calculada	t-Student	t-Teórica
10mg/kgMT+T ₄	0.01844	0.00336	3.1	29.6933	1.761
13mg/kgMT+T ₄	0.03374	0.00616	2.8	-32.4664	
Control	0.03568	0.00651	2.8	-30.7012	

Anexo 6. Características de la Tiroxina (T₄) SIGMA

Nombre del producto:	D-Thyroxine
Fórmula:	C ₁₅ H ₁₁ I ₄ NO ₄
Apariencia:	Polvo blanco amarillento con aspecto tostado
Pureza:	99.5 %
Vida media:	7 años.

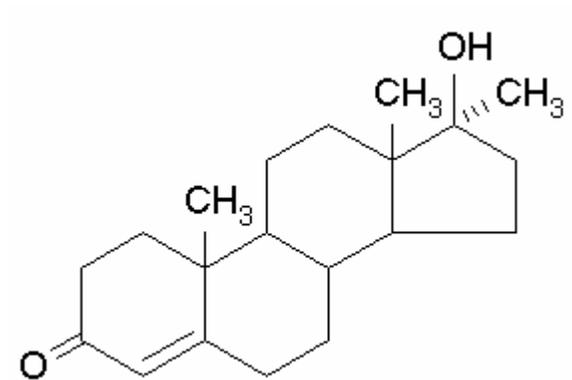
-Estructura tridimensional-



Anexo 7. Características de la 17 α metiltestosterona (MT) SIGMA

Nombre del producto:	17 α -methyltestosterone
Fórmula:	C ₂₀ H ₃₀ O ₂
Apariencia	Polvo fino blanco con apariencia amarillenta
Pureza	98%
Vida media	5 años.

-Estructura tridimensional-



BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez del Villar, J. 1970. Peces mexicanos (Claves). Secretaría de Industria y Comercio. México. Comisión Nacional Consultiva de Pesca e Industrias Conexas. Inst. Nac. De Investigaciones Biológico Pesqueras. México. 166pp.
- Ayson, G.F. and Lam, J.T. 1993. Thyroxine injection of female rabbitfish (*Siganus guttatus*) broodstock: changes in thyroid hormone levels in plasma, eggs, and yolk-sac larvae, and its effect on larval growth and survival. *Aquaculture* 109:83-93.
- Baldwin, F.M. and Goldin, H.S. 1940. Effects of testosterone propionate of the female viviparous teleost *Xiphophorus helleri*. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 42:813-819.
- Barnabé, G. 1991. Acuicultura Vol. 1. Ediciones Omega. Barcelona. España.
- Barrington, E. J. W. 1975. Introducción a la endocrinología general y comparada. M. Blume ediciones, Madrid. P. 303.
- Brown, L.C. and Kim, G.B. 1995. Combined application of cortisol and triiodothyronine in the culture of larval marine finfish. *Aquaculture* 135:79-86.
- Cavari, B., Funkenstein, B., Chen T. C., González-Villaseñor I.L. and Scharl, M. 1993. Effect of growth hormone on the growth rate of the gilthead seabream (*Sparus aurata*) and use of different constructs for the production of transgenic fish. *Aquaculture* 111:189-197.
- Cohen, H. 1946. Effects of sex hormones on the development of the platyfish. *J. Exp. Zool.* 31:121-128.
- Donaldson, E.M., Fangerrlund, U.H.M., Higgs, D.A. and McBride, J.R. 1978. Hormonal enhancement of growth. In: W.S. Hoar, D.J., Randall and J.R. Brett (Editors). *Fish Physiology* Vol. VIII. Academic Press, New York. pp, 456-597.
- Dzwillo, M. and Zanders, C.D. 1969. Investigations of the development and hereditary of the caudal fin of the *Xiphophorus* species pisces. *Z. Wiss. Zool.*, 178 (3-4): 276-315.
- Duran D. A., Fernández A. M., García V. R., Gersenowies R. J., Meráz M. S., Robelo M. A. y Vargas V. A. 1984. Manual de técnicas estadísticas. FES Iztacala. UNAM. Edo. México.

- Eckert, R. y Randall, D. 1994. Fisiología Animal Mecanismos y adaptaciones, 3° edición, Ed. Interamericana McGraw-Hill. 683p.
- Fuentes, P. J.A. 1998. Uso de la hormona 17 α -metilttestosterona en la obtención de poblaciones monosexo de peces cola de espada *Xiphophorus helleri* (Poeciliidae). Tesis de Licenciatura. FES Iztacala. UNAM. México. 35pp.
- Golmenny B., Cherfas N., Peretz J., Ben-DomN. and Hulata G. 1994. Hormonal sex inversion in the common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture* 126: 265-270
- Greenspan, S.F. and Gordon, J.S. Endocrinología básica y clínica. 1998. Manual Moderno. 4° edición. México.
- Guardado, M. T.K. 2005. Efecto de la D-Tiroxina en el pez cola de espada *Xiphophorus helleri* (Poeciliidae). Tesis de Licenciatura. FES Iztacala. UNAM. México.
- Guerrero III, R.D. 1975. Use of androgen for the production of males *Tilapia aurea* (Steindachner). *Trans. Am. Fish. Soc.* 104:324-348.
- Gutiérrez, V.E. 1985. Acondicionamiento de *Lyropecten subnodosus*. Tesis para obtener el título de Oceanólogo. Departamento de Acuicultura. UABC. México. 57pp.
- Hephher, B. 1993. Nutrición de peces comerciales en estanques. Limusa. México, 406p.
- Hunter G. A. and Donaldson E.M. 1983. Hormonal sex control and its application fish culture In: *The Fish physiology* Vol. IX B (Hoar W.S., Randal J.D. editors) Academic New York.
- Hutchison, M. J., and Iwata, M. 1998. Effect of thyroxine on the decrease of aggressive behaviour of four salmonids during the parr-smolt transformation. *Aquaculture* 168, 169-175.
- Kallman, K.D. 1975. The platyfish *Xiphophorus maculatus*. *Handbook of genetics*. New York. USA. 4:81-132.
- Kramer, C.R. and Kallman, K.D. 1985. Sex differentiation of somatic tissue in the unsexualised gonad primordial of the embryos of three species of poeciliid fish. *J. Anat.* 140:269-277.

- Kuwaye, T. T., Okimoto, K.D., Shimoda, K.S., Howerton, D.R., Lin, R.H., Pang, T.K. and Gordon Grau, E. 1993. Effect of 17 α -methyltestosterone on the growth of the euryhaline tilapia, *Oreochromis mossambicus*, in the fresh and in sea water. *Aquaculture* 113:137-152.
- Lagler, K.F. 1984. *Ictiología*, Ed. AGT editor S.A. México D.F. 489 pp.
- Lim, B. H., Phang, V.P.E. and Reddy, P.K. 1992. The effect of short term treatment of 17 α -methyltestosterone and 17 β -estradiol on growth and sex ratio in the red variety of swordtail fish *Xiphophorus helleri*. *J. Aqua. Trop.* 7:267:274.
- Lozano A. E., Briones, F.P. y Kensler, C. 1995. Análisis de las posibilidades de cultivar langosta (Crustacea, Palinuridae) en México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, UNAM.
- Manzon G.R. and Youson H. J., 1997. The effects of exogenous thyroxine (T₄) or Triiodothyronine (T₃), in the presence and absence of potassium perchlorate, on the incidence of metamorphosis and on serum T₄ and T₃ concentrations in larval sea lampreys *Petromyzon marinus* L. *General and Comparative Endocrinology* 106, 211-220.
- Márquez, E. A.F. 1999. Inducción sexual de peces *Xiphophorus helleri* (Poeciliidae) a través de la administración de la 17 α -metilttestosterona y dietiletilbestrol en el alimento. Tesis de Maestría en Ciencias. Biología. FES Iztacala. UNAM. México. 66pp.
- Márquez, E. A.F., Peña, A.F. y Fuentes, P.J.A. 1994. Aplicación de las hormonas dietiletilbestrol y 17 α -metilttestosterona en la obtención de poblaciones monosexo en peces de ornato. IV Congreso Nacional de Ictiología. Morelia, Michoacán. México.
- Martínez, G. J.C. 2002. Reversión sexual y efectos provocados por la administración de la testosterona en hembras grávidas de *Xiphophorus helleri* (Poeciliidae). Tesis de Licenciatura. FES Iztacala. UNAM. México. 29pp.
- Meffe, G. and Snelson, F. 1989. *Ecology and Evolution Livebearing fishes (Poeciliidae)*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 453pp.
- Nacario, J, F. 1983. The effect of thyroxine on larvae and fry of *Sarotherodon niloticus* L. (*Tilapia nilotica*). *Aquaculture*, 34: 73-83.

- Nava-Bautista, J.M. y Rodríguez-Gutiérrez, M. 1995. Inversión sexual mediante la administración de metiltestosterona en *Xiphophorus helleri* (Heckel, 1848). XIII Congreso Nacional de Zoología. Morelia, Michoacán, México.
- Neteolovitz M. 2002. Androgen effects on bone on muscle. *Fertility and Esterility*. 77(4):34-41.
- Norris, David O. 1997. *Vertebrate Endocrinology*. 3° edition. Academic Press. USA.
- Pandian, J.T. y Sheela G.S. 1995. Hormonal induction of sex reversal in fish. *Aquaculture* 138:1-22.
- Peña, A.F. 1996. Obtención de una población monosexo (hembras) de *Xiphophorus helleri* (Heckel, 1848) mediante la administración de dietiletilbestrol en el alimento a hembras grávidas. Tesis de Licenciatura. FES Iztacala. UNAM. México. 58pp.
- Reddy P.K. and Lam T. J. 1992. Effect of thyroid hormones on morphogenesis and growth of larvae an fry of telescopic-eye black goldfish *Carassius auratus*, *Aquaculture* 107:383-394.
- Santandreu, A.I. and Díaz, F.N. 1994. Effect of 17 α -methyltestosterone on growth and nitrogen excretion in masu salmon *Oncorhynchus masou* Brevoort. *Aquaculture* 124:321-333.
- Shelbourn, E.J., Clarke, C.W., McBride, R.J. Fagerlund, M.H.U. and Donaldson, M.E. 1992. The use of 17 α -methyltestosterone and 3,5,3'triiodo-L-thyronine for sterilizing and accelerating the growth of zero-age coho salmon smolts (*Oncorhynchus kisutch*). *Aquaculture* 103:85-99.
- Steffens, W. 1987. *Principios fundamentales de la alimentación de los peces*. Acribia España, 275p.
- Yamane, T. 1979. *Estadística*. Edit. Harper and Row. Latinoamericana. México. 771pp.
- www.sigmaaldrich.com
- www.fishbase.org/Photos/ThumbnailsSummary.cfm?ID=3231