



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

2 y

CAMPUS IZTACALA

USO DE LA HORMONA 17 α -METILTESTOSTERONA EN LA OBTENCION DE POBLACIONES MONOSEXO EN PECES COLA DE ESPADA, *Xiphophorus helleri* (POECILIIDAE).

T E S I S

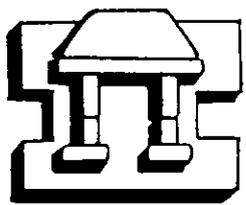
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A :

JORGE ALBERTO FUENTES PEREZ

DIRECTOR DE TESIS: ALBA F. MARQUEZ ESPINOZA.



IZTACALA LOS REYES IZTACALA, ESTADO DE MEXICO.

1998.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

268066



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

A MI MADRE:

POR SUS SACRIFICIOS, DESVELOS Y ESFUERZOS PERO SOBRE TODO POR SU AMOR YA QUE DE NO HABER SIDO POR LO QUE ELLA ME INSPIRA, ESTE TRABAJO NO HABRÍA LLEGADO A SU CULMINACIÓN. Y POR TODO LO QUE PARA ELLA SIGNIFICA ESTE MOMENTO, NO ME TITULO SOLO ELLA SE TITULA CONMIGO.

A MIS ABUELOS:

POLO Y ELVIRA POR QUE SIN SU AMOR Y APOYO EN EL MOMENTO QUE MÁS LO NECESITE NO SERÍA LO QUE SOY HOY.

A MIS HERMANOS:

JUAN Y OSCAR POR SU AYUDA DURANTE TODA LA CARRERA POR QUE SIN ELLOS NO LO HUBIERA LOGRADO.

A MI TÍA SUSANA:

POR MOSTRARME EL CAMINO AL MARAVILLOSO MUNDO DE LA BIOLOGÍA, POR SUS CONSEJOS Y APOYO EN TODO MOMENTO, PERO SOBRE TODO POR LLENAR CON SU AMOR ESE HUECO EN MI VIDA

A MIS TIOS ALFREDO, POLO, ELVIRA, JOVITA, J. LUIS, AGUSTIN (Q.E.P.D.), VIRGINIA, JESUS Y ADRIANA POR SU CARÍÑO Y APOYO. QUE SIEMPRE ME HAN BRINDADO INCONDICIONALMENTE

AGRADECIMIENTOS

QUIERO AGRADECER A UNA PERSONA PERO DE DOS MANERAS DISTINTAS, PRIMERO CON TODO RESPETO Y ADMIRACIÓN POR SUS ENSEÑANZAS Y CONOCIMIENTOS A LA BIOL. ALBA F. MARQUEZ ESPINOZA, Y EN SEGUNDO LUGAR POR SU AMISTAD, APOYARME Y MOTIVARME PARA LA CULMINACIÓN DE ESTE TRABAJO, PERO SOBRE TODO POR SOPORTARME TANTO TIEMPO, MIL GRACIAS, ALBA.

A LA DRA. NORMA A. NAVARRETE SALGADO, BIOL. RODOLFO CARDENAS REYGADAS Y M. EN C. REGINA SANCHEZ MERINO POR SUS CONSEJOS Y OBSERVACIONES PARA MEJORAR ESTE TRABAJO.

AL BIOL. MARIO A. FERNANDEZ ARAIZA QUIEN A PESAR DE QUE TENEMOS DISTINTOS PUNTOS DE VISTA SOBRE LA ACUACULTURA ME HIZO PENSAR Y VER MÁS ALLA DE LO QUE YO PENSABA.

A MI PRIMA AZUCENA POR LAS CORRECCIONES Y MODIFICACIONES TAN PERTINENTES QUE REALIZO HA ESTE TRABAJO.

A TODOS MIS AMIGOS DE IZTACALA POR QUE ME MOSTRARÓN EL CAMINO QUE DEBIA DE SEGUIR.

INDICE

	Página
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
BIOLOGÍA DE LA ESPECIE.....	5
ANTECEDENTES.....	8
OBJETIVOS.....	11
METODOLOGÍA.....	12
COLECTA DE ORGANISMOS.....	12
OBTENCION DE LA GENERACIÓN F1.....	12
DETERMINACIÓN DE LA DOSIS HORMONAL Y LA EDAD DE TRATAMIENTO.....	14
TRATAMIENTO EXPERIMENTAL.....	14
PREPARACIÓN DE LAS DIETAS.....	14
TRATAMIENTO ESTÁDISTICO.....	16
RESULTADOS.....	17
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	19
CONCLUSIONES.....	30
BIBLIOGRAFÍA.....	31
APENDICE I.....	36
APENDICE II.....	37

RESUMEN

Actualmente algunas investigaciones en la acuicultura se han encaminado hacia el uso de hormonas adicionadas al alimento con el fin de obtener poblaciones monosexo de peces de ornato ya que estos pueden representar una importante fuente de ingresos económicos así como una opción para frenar la creciente y desmedida explotación irracional de los medios acuáticos naturales.

En este trabajo se han observado los efectos de la administración de la hormona 17α -metiltestosterona (MT) en el alimento a crías de *Xiphophorus helleri* para la obtención de poblaciones monosexo (machos), así como para mejorar sus características sexuales secundarias (aletas y color).

Se formaron 5 grupos de 20 crías de 10 días de nacidas, que fueron mantenidos en acuarios de 60 l, en condiciones controladas de temperatura, pH, y fotoperiodos las concentraciones de hormona utilizadas durante 60 días fueron: 5.0, 7.5, 10.0, 12.5 mg/Kg. De alimento, así como un grupo control sin hormona, en todos los casos se realizó por triplicado.

Al finalizar el tratamiento se observaron los siguientes resultados: Longitud total desde 27mm para el grupo control hasta 33mm para el grupo tratado con 12.5mg/Kg.; longitud patrón 20.75mm para el control hasta 25mm para el grupo tratado con 10.0mg/Kg.; longitud de la aleta caudal 6.0mm para el control y hasta 10.0mm para el grupo tratado con 12.5mg/Kg.; longitud de la espada 0.0mm para el control y 5.0mm para el grupo tratado con 12.5mg/Kg.; el porcentaje de machos fenotípicos a los 60 días fue de 0% para el grupo control, 60% para el grupo con 5.0mg/Kg. Y 100% para el resto de los tratamientos. Apreciándose que existe una relación directa en precocidad de la manifestación de los caracteres sexuales secundarios conforme aumenta la dosis hormonal. La mortalidad en todos los casos fue nula y en todas las pruebas existen diferencias significativas

INTRODUCCIÓN

A través del paso del hombre por el planeta, se ha recurrido a la utilización de recursos naturales, tanto de plantas como de animales; sin embargo, entre los recursos que menos explotados están, son los provenientes de medios acuáticos ya que solo un pequeño porcentaje es manipulado con fines de cultivo y cuando esto se hace en la mayoría de las veces es sin total conocimiento de la especie que se desea reproducir.

A esta actividad de cultivar organismos acuáticos se le conoce como acuicultura; aunque cabría señalar que no se trata de una actividad reciente, ya que se tiene conocimiento que antiguas civilizaciones, como los egipcios, ya se dedicaban a esta actividad por considerar a los peces sagrados (Piña, 1995), sin embargo en nuestros días con la práctica de la acuicultura, lo que se pretende es obtener una mayor cantidad de organismos y/o biomasa a costos más bajos, tanto en cantidad como en calidad de los organismos para diversos aspectos como lo serían: crecimiento, incremento de proteínas, color, tamaño de aletas y algunas otras características propias de cada especie.

En México a pesar del incremento de la acuicultura como una actividad económica, se ha relegado a un segundo plano el cultivo de especies ornamentales. Incluso de países europeos y asiáticos se envían especies para satisfacer el creciente auge del acuarismo, esto muy a pesar de que en nuestro país se encuentra naturalmente algunas de esas especies ornamentales, como el caso de 115 especies marinas (Piña, 1995) y diversas especies de agua dulce (Jiménez y Auro, 1994; Cruz y Rodríguez, 1995).

Como no sólo en México ha crecido el gusto por el acuarismo, algunas investigaciones en el ámbito mundial, se empiezan a realizar encaminadas al mejoramiento de especies ornamentales, ya que hasta el momento la gran mayoría de los organismos y sobre todo los marinos son extraídos de los medios naturales, trayendo como consecuencia la disminución de la población natural y el deterioro de los medios acuáticos; y en otro sentido por el potencial económico que conlleva. Estos estudios son principalmente en las áreas de reproducción, obtención de poblaciones monosexo, patrones de coloración y de genética sexual ya que estas cualidades son bien aceptadas en la acuariofilia mundial, incrementando con esto el valor comercial de las especies mejoradas. Para lograr estos cambios se han hecho estudios donde a los organismos se les separa manualmente para seleccionar aquellos que posean las características deseadas y así poder obtener descendencia con esas mismas características; así mismo se han hecho cruza de especies para la obtención de híbridos y últimamente se ha recurrido a la administración de diversas hormonas que intervengan en la fisiología de los organismos y así lograr que modifiquen su morfología (Pelissero y Sumpter, 1992).

En particular en los peces se ha observado que el proceso de diferenciación sexual es diverso y hace que la reversión sexual pueda ser posible mediante el uso de hormonas ya que en algunas especies el esteroide sexual es el primero en inducir varios fenómenos como; diferenciación de gónada, gametogénesis, ovulación, conducta de cortejo y puesta,

modificación de los caracteres sexuales secundarios, cambios morfológicos o fisiológicos en el tiempo de puesta, o bien en la producción de feromonas sexuales.

Así algunos de los fenómenos que se han observado en la gónada son que la diferenciación sexual es inducida primero y como consecuencia las características externas y etológicas se desarrollan por la acción de la gónada. (Yamazaki, 1983), estas son evidencias de que la determinación de sexo solo se activa durante el desarrollo de la gónada y fisiológicamente queda determinada y los genes no determinan totalmente el sexo (Kallman, 1975; Chan y Yeung, 1983). Por lo que la inducción sexual a través de las hormonas actualmente es considerada en la industria de la acuicultura como una valiosa herramienta para producir poblaciones monosexo y con las características deseadas (Pandian y Sheela, 1995)

Los esteroides y hormonas de la tiroides han sido administradas de diversas maneras como son: 1) adicionándolos en las dietas, (Donaldson *et al*, 1978; Shelbourn *et al*, 1992; Santandreu y Diaz, 1994); 2) inyectados directamente al organismo (Kramer *et al*, 1988; Lee *et al*, 1992); y 3) disueltas en agua donde se sumergen a los organismos por algún periodo determinado de tiempo (Higgs *et al*, 1982). Una vez terminado el tratamiento los resultados de estos compuestos han sido evaluados en diversos aspectos y especies de peces algunos ejemplos de estos son: A) en forma de crecimiento (ganancia de peso) en diversos salmones *Onchoryncus* y *Salmo spp.* (Donaldson *et al*, 1978; Higgs *et al*, 1982), en carpa *Cyprinus carpio* (Lone y Matty, 1980) y tilapias *Oreochromis spp.* (Guerrero, 1975); B) inducción a la maduración gonadal (Screibman *et al*, 1983, 1979; Gannam y Lovell, 1991; Lee *et al*, 1992); y C) reversión sexual (Anderson, 1978; Hopskin, 1979; Buddle, 1984). Debe aclararse que no en todos los casos se obtienen respuestas positivas al utilizar una o varias de estas hormonas, ya que no todos los peces responden a estos compuestos de forma positiva (Gannam y Lovell, 1991).

Sin embargo de estas tres formas de tratamiento, la que más popularidad ha cobrado en los últimos años es la de administración en la dieta ya que con la aparición de los esteroides sintéticos que contienen radicales etilo, metilo y propinato entre otros confieren al esteroide una mayor estabilidad ya que se evita la degradación del mismo al pasar por el tracto digestivo, la presencia de estos esteroides para producir la inversión sexual varía y se ha visto que tienen una mayor eficiencia los sintéticos que los naturales, según indican varios autores expertos en el tema (Yamamoto, 1969; Hernández, 1988 y Hernández y Benitez 1989), otro punto a favor del uso de las hormonas en la dieta es también por que al aplicar de esta forma el tratamiento, la hormona adicionada al alimento disminuirá su efectividad o incluso será nula al disolverse en el agua (Hunter y Donaldson, 1983).

Algunas consideraciones sobre la especie a tratar que se deben tener para las investigaciones en las que se pretenda obtener poblaciones monosexo mediante el uso de hormonas son: 1) que la gónada tenga la potencialidad de desarrollarse ya sea como ovario o como testículo, 2) presente dimorfismo sexual y 3) un comportamiento sexual específico, todo esto con el fin de poder evidenciar los cambios si es que estos suceden (Yamazaki, 1983).

Toda vez que se ha elegido la especie para lograr la inversión sexual, y con ello lograr la producción de organismos de un sólo sexo por medio de la aplicación de esteroides se debe tener en cuenta la edad y el tiempo de tratamiento que dependerá primeramente de la especie con la que se trabaje, considerando el tiempo de diferenciación sexual fenotípica en condiciones naturales (Yamazaki, 1983; Hernández, 1988).

En general para todas las investigaciones con peces ovíparos se han usado crías las cuales aun no absorben el saco vitelino, con la finalidad de que el primer alimento que consuman contenga el esteroide deseado, que iniciara el cambio fisiológico dentro del organismo tratado, aunque en poecílidos y otros peces vivíparos, el tratamiento se ha venido dando a las hembras preñadas, ya que los embriones definen el sexo cuando aun están dentro de la madre, en este caso, la hembra preñada es puesta en inmersión en agua con el esteroide, Yamazaki (1983).

En el caso de ciprinidos, poecílidos, cíclidos, laberintidos y algunas otras especies de ornato los machos alcanzan un mayor precio comercial, sin embargo no sólo en el ámbito ornamental son importantes las poblaciones monosexo sino también en el de la producción de alimento ya que en el caso de la trucha arcoiris se prefieren sólo hembras, debido a que los machos maduran precozmente por lo que su crecimiento es menor y por lo tanto la obtención de proteínas como alimento decrece y con ello las ganancias se ven reducidas (Hunter y Donaldson, 1983); lo mismo sucede con las tilapias pero en este caso los machos son territoriales por lo que están sometidos a un continuo estrés ocasionando que existan disputas entre los organismos y con ello algunas muertes (Basabaraja *et al*, 1990).

BIOLOGIA DE *Xiphophorus helleri*.

Sistemática: Según Rosen, 1960, citado en Alvarez del Villar. 1970.

Phylum	Chordata.
Subphylum	Gnathostomata.
Clase	Osteichthyyies.
Subclase	Actinopterygii.
Orden	Cyprinodontiformes.
Suborden	Cyprinodontoidei.
Familia	Poeciliidae.
Género	<i>Xiphophorus</i> .
Especie	<i>Xiphophorus helleri</i> . (Heckel, 1848)
Nombre común	Pez espada o Pez cola de espada.

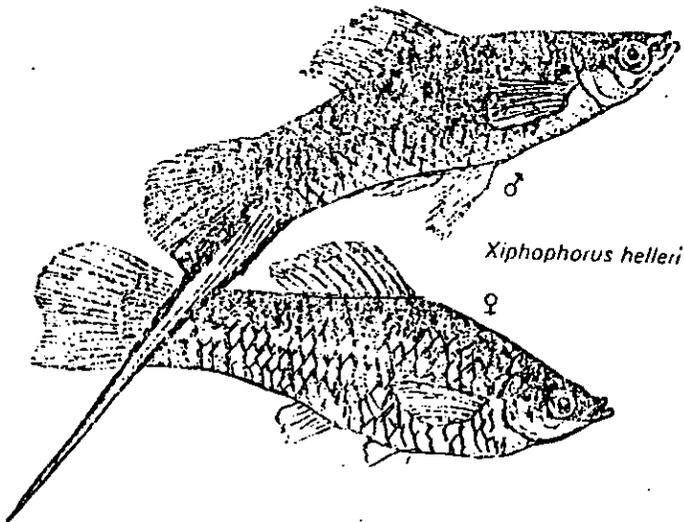


Figura 1.-Pareja de *Xiphophorus helleri* donde se observa el marcado dimorfismo sexual entre el macho y la hembra, apreciándose en el primero la prolongación de la aleta caudal, de donde toma su nombre común cola de espada.

Los peces de la familia *Poeciliidae* son originarios de aguas continentales de México y América Central, en la naturaleza el adulto tiene una talla de 13 a 45 mm (Gordon y Gordon, 1954; citado en Kallman, 1975). La maduración sexual comienza con la influencia de la hormona andrógena este cambio en la madurez sexual es genéticamente controlada pero también se ve influida de las condiciones ambientales, en condiciones normales esta maduración varía de 7 a 38 semanas durante este proceso también se acumulan melanóforos en la parte posterior del peritoneo lo que se manifiesta en los caracteres sexuales secundarios que presenta el macho, así como la prolongación de la aleta caudal de donde toma el nombre de cola de espada.

Xiphophorus helleri (Figura 1) es una de las 18 especies de cola de espadas y platys (Axelrod, 1988), esta especie tiene una amplia distribución en la vertiente del Atlántico, desde Veracruz hasta Centroamérica, introducido artificialmente a la cuenca del Balsas y al Valle de México (Alvarez, 1970). Figura 2

Viven en aguas con corrientes y abundancia de pastos con barro en el fondo que es la base de crecimiento de la vegetación acuática, estas aguas se han reportado con un pH de 7.3, y 25°C., ellos viven en bancos entre la vegetación donde hay mayor corriente de agua (Axelrod, 1988; Kallman, 1975). Estos peces presentan dos estrategias ecológicas que les permiten 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).

En el caso de los machos, la maduración sexual comienza con la influencia de la hormona andrógena que promueve los cambios morfológicos como son el alargamiento de la aleta caudal en forma de espada (característica de la cual toma su nombre) y la modificación de la aleta anal en un órgano intromitente llamado gonopodio que juega un papel muy importante en la transferencia de esperma después de un complicado cortejo hacia la hembra que culmina con la penetración del gonopodio en el oviducto de esta, por lo que la fertilización es interna, motivo por el cual son considerados como peces vivíparos el período de gestación distinto, dependiendo de la temperatura y el fotoperíodo, además se ha observado que las crías pueden nacer a intervalos de diferentes días (Kallman, 1975).

Este cambio de la madurez sexual es genéticamente controlada 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 35.6 mm, promedio de gestación 60.1 días, promedio de peso en hembras cargadas 15.2 g, intermedio entre puestas 29.2 días, promedio de maduración en machos 34.9 mm (Meffe y Snelson, 1989).

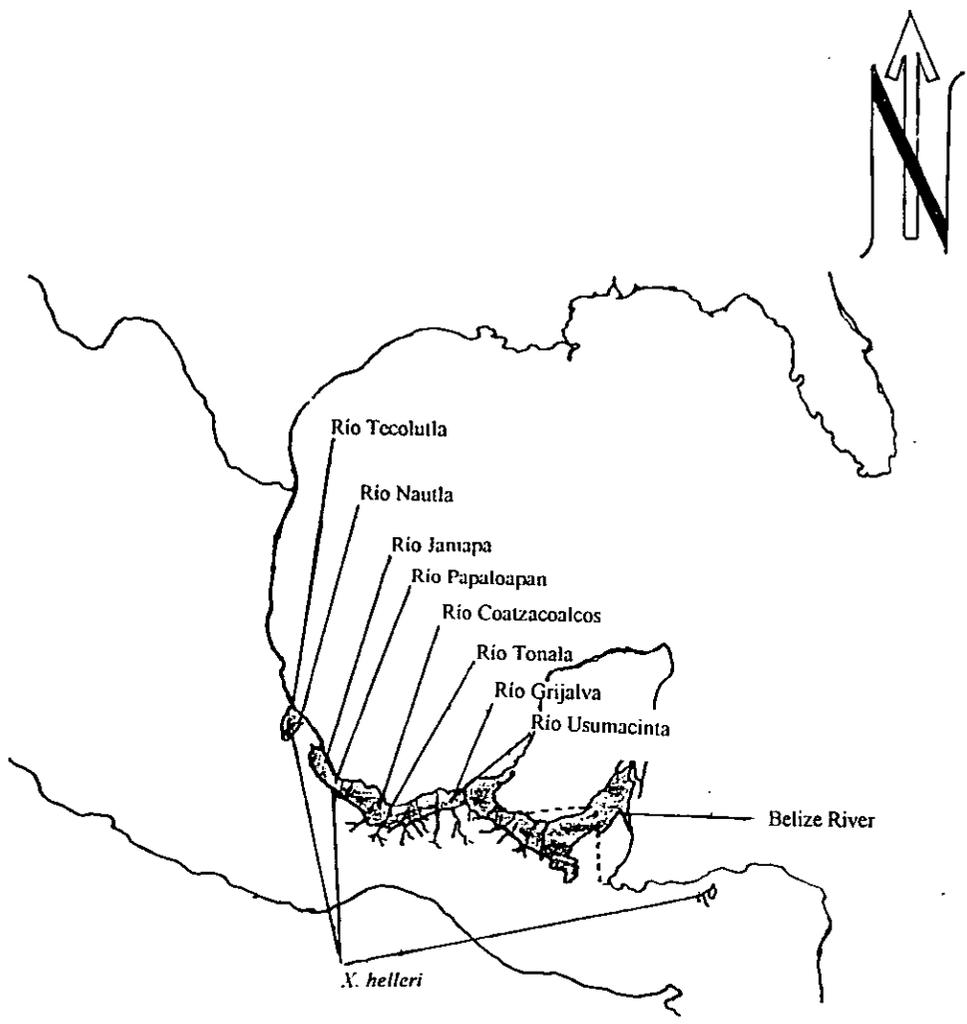


Figura 2.- Ubicación geográfica de Xiphophorus helleri (Modificado de Kallman 1975).

ANTECEDENTES.

Los poecílidos son una de las familias más populares de peces usados en diversas investigaciones científicas que incluyen gran variedad de disciplinas tales como reproducción y desarrollo, genético, comportamiento, toxicología, carcinogénesis y muchas otras, ya que son organismos de fácil manejo, se adaptan muy bien a condiciones de laboratorio y su ciclo de vida es relativamente corto. Razón por la cual son buscados por los investigadores y acuaristas, que incluso han logrado variedades híbridas de mayor colorido y vistosidad que las silvestres. Estos organismos se reproducen principalmente mediante la viviparidad y exhiben una fertilización interna. (Beugrand *et al*, 1984; Kallman, 1975; Meffe y Snelson, 1989).

Algunas de las razones anteriores han hecho que los poecílidos hallan sido utilizados en numerosos estudios cuya atención se ha centrado en los efectos causados por las hormonas esteroides sobre los caracteres morfológicos sexuales secundarios y sobre la determinación del sexo. En algunos casos los efectos de éstos tratamientos sobre el comportamiento también son mencionados (Liley, 1969; Yamazaki, 1976).

Los primeros intentos de inversión sexual de peces tuvieron lugar en los años treinta, (Yamamoto, 1953) donde, uno de los casos más famosos en esos años es el reportado por Essenberg (1926) en el cual reporta la reversión sexual espontánea en los cola de espada, sin embargo Gordon (1956, 1957) un célebre genetista de poecílidos, expresa sus dudas sobre la validación de las conclusiones de Essenberg. (citado en Yamamoto, 1969).

Witschin y Crown, reportan en 1937 que pusieron testosterona en el agua del acuario donde se mantenían hembras preñadas de *X. helleri* presentándose en algunos casos pérdida de los embriones y en otros la reabsorción de embriones. Al tratar, de la misma forma a hembras adultas pero no preñadas, observaron que los ovocitos eran reabsorbidos y desarrollaron gónadas parecidas a testículos pero que no presentaban espermatogénesis.

Posteriormente Baldwin y Goldin, (1940), mencionan que ellos administraron 0.5 mg de propionato de testosterona a jóvenes hembras de *X. helleri* durante 19 semanas, lo que no sólo provocó el desarrollo de las características sexuales secundarias de los machos, como la formación del gonopodio y la prolongación de la aleta caudal en forma de espada, sino que también se indujo la masculinización de la gónada y la degeneración de ovocitos. Estos efectos fueron simultáneos, y corroborados mediante un análisis histológico entre los organismos tratados y los del grupo control.

Cohen (1946), encontró que al tratar con pregnenolona a hembras genéticas de *X. helleri*, se inducían las características masculinas. Estos machos revertidos exhibían el patrón típico de cortejo e intentos de copulación como si fueran machos, pero de acuerdo con Tavolga (1949) el cortejo es menos vigoroso que los verdaderos machos genéticos. Después se realizó un análisis histológico de la gónada observándose que era más pequeña y con muy pocos ovocitos, tendiendo a la degeneración y posteriormente se vio que algunos organismos presentaban la formación de estructuras masculinas como el gonopodio, sus

estructuras suspensorias y la aleta caudal en forma de espada, éstos organismos fueron más pequeños que los controles.

Wurmbach (1951) obtuvo dos hembras de gupy donde se desarrollo el gonopodio. Estudios histológicos revelaron que fueron infectados por el hongo *Ichthyophorus hoferi*, y esto causo degeneración en los ovocitos, seguido por la apariencia espermatozóica derivada del epitelio de la cavidad ovárica, algunos autores consideran que esto fue a consecuencia del parásito (citado en Yamamoto, 1969).

Dzwilllo (1962) induce la reversión sexual de hembras genéticas de gupy a machos funcionales tratando hembras grávidas por 24 h con metiltestosterona a concentraciones de 3mg/l de agua, aplicando el tratamiento a las hembras 22 días antes del nacimiento de las crías.

Clemenns y colaboradores en 1966, trataron gupys con testosterona desde el nacimiento hasta los 60 días, encontrando después del tratamiento, un marcado incremento en el número de machos con respecto a las hembras 9:1, y aunque desarrollaron las características sexuales masculinas, presentaban deficiencias en el comportamiento reproductivo de la transmisión del esperma.

Vivian (1952) observó en hembras que fueron hipofisectomizadas algunas desarrollan y otras mostraron características de masculinización (citado en Yamamoto, 1969).

Takahashi en 1975 trabajó con hembras grávidas de *Poecilia reticulata*, administrándoles metiltestosterona en el alimento a una concentración de 400 mg/Kg de alimento, con duración de 8 a 10 días antes del nacimiento y al nacer las crías fueron alimentadas con una dieta normal. Él afirma que este tratamiento indirecto fue mucho más efectivo que el aplicado directamente a los peces de su trabajo anterior, logrando además una reversión sexual funcional.

Donaldson y Hunter (1982) lograron la producción de poblaciones de sólo hembras, machos y machos estériles de salmón esta investigación fue importante ya que con esta manipulación de la inducción artificial en la reversión sexual se logró por primera vez que ésta fuera permanente tanto en el fenotipo sexual como en el sexo genético, este cambio permanente es probablemente debido a la acción de genes sexuales lo cual ya era comentado por Yamamoto, 1969.

En una revisión bibliográfica hecha en 1983 por Yamazaki nos muestra los estudios que se han llevado a cabo con hormonas naturales y sintéticas en diversas especies de peces con el fin obtener poblaciones monosexo (machos), de los cuales se observan el uso de 17 α -metiltestosterona en *Poecilia reticulata* (Dzwilllo, 1962 y Takahasi, 1975) y 11-ketotestosterona en *Poecilia reticulata* (Takahasi, 1975). Señalando que otro estudio hecho por Takahasi, (1975), las concentraciones óptimas de metiltestosterona para lograr

poblaciones de machos en *Poecilia reticulata* es de 400mg/Kg a hembras grávidas durante 8 a 10 días antes del nacimiento de las crías.

Kramer y Kallman (1985), trabajaron con *X. helleri* para saber si es posible determinar físicamente el sexo en estadios tempranos de desarrollo y encontraron que a partir de la etapa 18 del desarrollo embrionario (según Tavolga, 1949 a los 8.4 días), es posible reconocer un dimorfismo sexual basado en ciertos rasgos somáticos de la gónada, concluyendo que el sexo genético queda determinado antes de nacer.

Kavumpurat y Pandian (1993), trabajaron con hembras grávidas de *P. reticulata* administrándoles en el alimento andrógenos sintéticos o naturales por un periodo de 5 a 24 días antes del nacimiento de las crías. Las poblaciones de sólo machos fueron obtenidas con androsterona, 19-nor-etiniltestosterona a dosis de 200, 300 y 500 mg/Kg de alimento respectivamente. La 9(11)-dimetiltestosterona produjo una reversión incompleta y a altas dosis (400 mg/Kg de alimento) observaron que se incrementaba la mortalidad. Determinado que la androsterona fue la hormona más potente para producir la reversión sexual con la máxima sobrevivencia y además funcionalidad.

Márquez *et al* (1994), reportan la obtención de poblaciones monosexo con el uso de diversas dosis que van desde los 5.0 hasta los 12.5 mg/Kg de 17 α -metiltestosterona adicionada en alimento usando crías recién nacidas y hembras preñadas de *Poecilia reticulata*, *X. Helleri* y *P. sphenops* obteniendo mejores resultados en las crías que en las hembras para la obtención de porcentajes hasta el 100% de poblaciones monosexo de machos y mortalidad nula.

Nava-Bautista y Rodríguez-Gutierrez (1995), trabajaron con *X. helleri* administrándoles 17 α -metiltestosterona en dosis de 35mg/Kg a crías recién nacidas durante 40 días obteniendo poblaciones de solo machos.

En una de la más recientes revisiones bibliográficas sobre el estudio de hormonas en diversos peces se encontró que se ha trabajado con 17 α -metiltestosterona en 3 especies distintas de Poecilidos utilizando dosis que van de los 400 hasta los 480mg/Kg de dieta. (Pandian y Sheela, 1995).

Por todo lo anteriormente expuesto planteamos los siguientes:

OBJETIVOS

Determinar la dosis óptimas de 17α -metiltestosterona y los tiempos de tratamiento para la obtención de poblaciones monosexo de *Xiphophorus helleri*.

Determinar los efectos del tratamiento en los caracteres sexuales secundarios característicos de machos.

Plantear una alternativa para la obtención de poblaciones monosexo (machos) de los peces *X. helleri* como una opción de la acuicultura en el área del acuarismo.

METODOLOGÍA

COLECTA DE ORGANISMOS

Para la realización del presente estudio se utilizaron peces llamados cola de espada, *Xiphophorus helleri* (Poeciliidae); que fueron colectados en el río de las estacas ubicado en los 18°43'48" de latitud norte y 99°06'40" longitud oriente, en el estado de Morelos, México (Figura 3); esto con la ayuda de un chinchorro y transportados en tinas de plástico con suministro constante de oxígeno al laboratorio de Metodología científica V, UNAM *campus* Iztacala, en donde se acondicionaron a la vida del mismo, colocados y mantenidos en acuarios de 200 l, con una temperatura regulada de 25±2°C, un pH de 7.5, aireación y filtrado constante mediante el uso de filtros de plataforma, el agua utilizada fue reposada por lo menos 24h antes de ser usada para lograr su declaración.

Una vez aclimatados se identificó a la especie utilizando las claves de peces de Alvarez del Villar (1970), así mismo se erradicaron los posibles parásitos y peces enfermos quedando una población de 18 hembras y 15 machos para permitir que éstos se reprodujeran y así obtener la generación F1, Durante este periodo los peces fueron alimentados 2 veces al día con alimento seco para salmón Starter # 2 (Apéndice I) *ad libitum* y/o alimento vivo como *Artemia sp.*, *Tubifex sp.*

OBTENCIÓN DE LA GENERACIÓN F1

Al observar a las hembras grávidas, se pueden apreciar a simple vista ya que en esta familia la región abdominal se abulta y toma un color oscuro; se prepararon acuarios de 54 l conservando las mismas condiciones de temperatura, pH, aireación y en este caso filtro de carbón y fibra de vidrio, y se colocaron a las hembras en estos acuarios utilizando maternidades de red, para evitar que se comieran a las crías.

Una vez que nacieron las crías se les dio de comer al 2o día, el mismo alimento que se les daba a los padres solo que en este caso primeramente era triturado y tamizado para que pudiera ser aprovechado.

Se dejó madurar a la generación F1 hasta los 6 meses de edad y al mismo tiempo se fueron separando los machos de las hembras de acuerdo a sus características morfológicas secundarias como la presencia del gonopodio y el alargamiento de la aleta caudal en forma de espada para el caso de los machos, esto con el fin de que no hubiera una reproducción precoz. Cuando los organismos alcanzaron la edad de 6 meses y la maduración sexual se colocaron en acuarios 8 hembras y 16 machos durante 48 h para que los machos fecundaran a las hembras y así obtener la generación F2, en este caso se mantuvieron las condiciones mencionadas con anterioridad para la F1 pero además se les aplicó fotoperiodos de 12HL:12HO. Al transcurrir las 48 hrs se retiraron a los machos y se mantuvieron estas condiciones hasta que nacieron las crías de la generación F2.

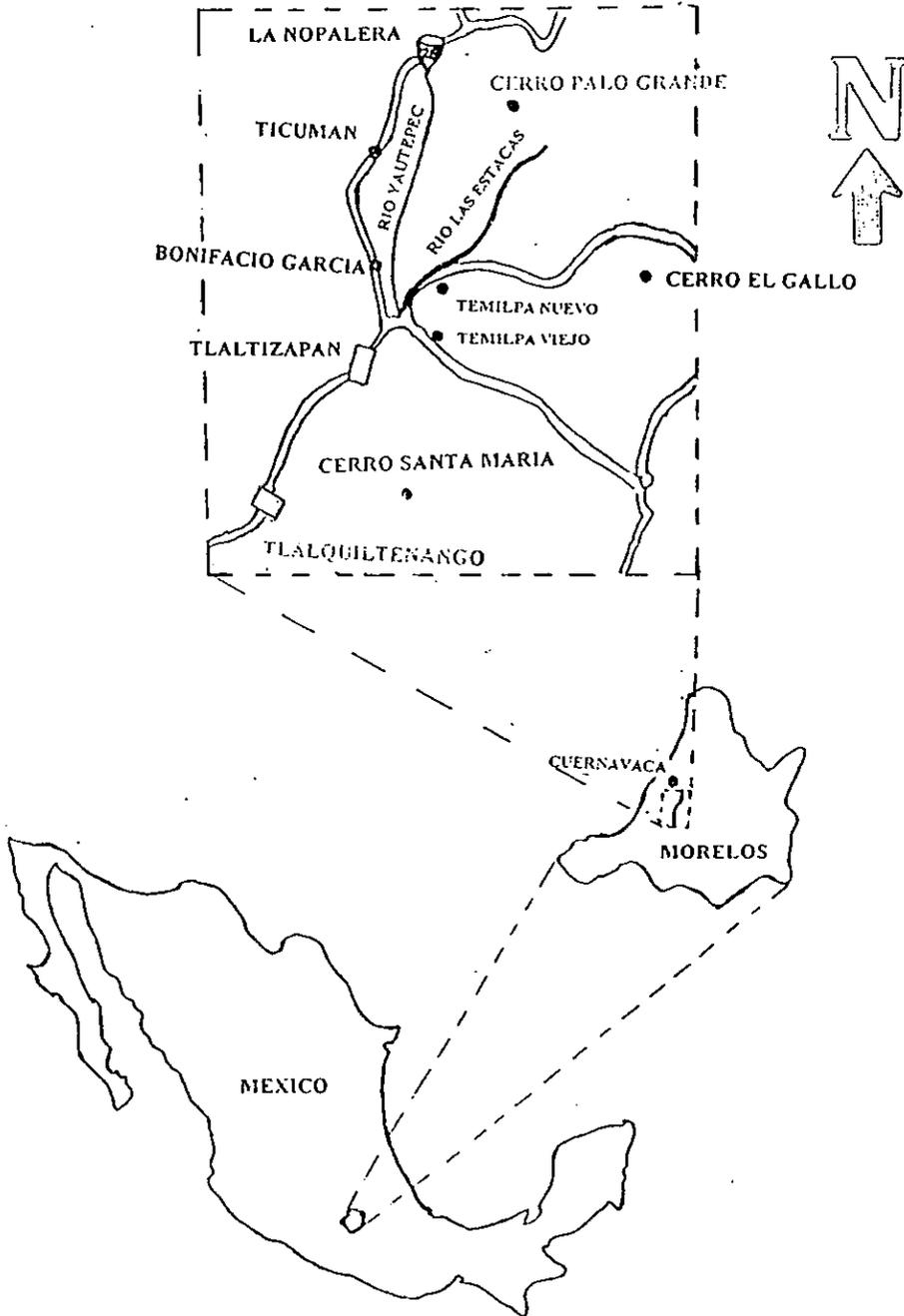


Figura 3.- Ubicación del río Las Estacas (tomado de Peña 1996)

DETERMINACIÓN DE LA DOSIS HORMONAL Y LA EDAD DE TRATAMIENTO.

Se practicaron bioensayos con diversas dosis, utilizando como base estudios hechos con tilapia (Basavaraja *et al*, 1990); y en diversas especies de poecilidos iniciando con 25, 18.75, 12.5, 6.25 y 0.0 mg de 17 α -metiltestosterona (MT) por kg de alimento también se probaron diferentes edades de los peces. Pero finalmente se determinó usar dosis de 12.5, 10.0, 7.5, 5.0 y 0.0 mg de 17 α -metiltestosterona por kg de alimento en peces de 10 días de nacidos ya que en los bioensayos practicados fueron las dosis y edades donde se obtuvieron los mejores resultados en cuanto a la baja mortalidad y alto porcentaje de poblaciones de machos.

TRATAMIENTO EXPERIMENTAL.

En este trabajo la metodología utilizada fue dar el alimento con 17 α -metiltestosterona a crías de 10 días de nacidas las cuales aun no presentaban ningún dimorfismo sexual por lo que se considera que eran grupos homogéneos formados por hembras y machos ya que en trabajos realizados por Fuentes (1994) y Márquez *et al*, (1994) en *Poecilia reticulata*, *Poecilia sphenops* y *X. helleri* en el laboratorio se observó que la tasa de mortalidad es casi igual a cero al utilizar peces de esa edad ya que no se manipula a las hembras grávidas y se tiene la oportunidad de modificar el sexo de las crías por lo menos morfológicamente.

Se utilizaron grupos de 20 crías de 10 días de nacidas de la generación F2 para ser tratados durante 60 días con diferentes dosis de hormona, 12.5, 10.0, 7.5 y 5.0 mg MT/Kg y un grupo control al que se le dió el mismo alimento sin hormona, alimentados en todos los casos dos veces al día de forma *ad libitum* y mantenidos con fotoperiodos de 12HL:12HO. En todos los casos se realizó por triplicado.

Los parámetros evaluados cuantitativamente al finalizar el tratamiento fueron, longitud total, longitud patrón, longitud de la aleta caudal, longitud de la espada, (Figura 4) porcentaje de machos obtenidos, en este último parámetro además se incluye el promedio en distintas generaciones de la especie obtenido en el laboratorio y cualitativamente por simple comparación entre los diferentes grupos se evaluó el color y aspecto morfológico.

PREPARACIÓN DE LAS DIETAS.

En la preparación de las dietas experimentales se utilizó el alimento seco para salmón Starter # 2, adicionándole diferentes dosis de la hormona sintética 17 α - metiltestosterona (Figura 5) Sigma Chemical Co. (C20 H30 O2). Utilizando la técnica de evaporación de alcohol de Guerrero (1975), una vez que se preparó el alimento se mantuvo en envases oscuros a temperatura ambiente.

- Dieta 1. - 0.0 mg MT/Kg. de alimento. (GRUPO CONTROL).
Dieta 2. - 5.0 mg MT /Kg de alimento.
Dieta 3. - 7.5 mg MT/Kg. de alimento.
Dieta 4. - 10.0 mg MT/Kg. de alimento.
Dieta 5. - 12.5 mg MT/Kg. de alimento.

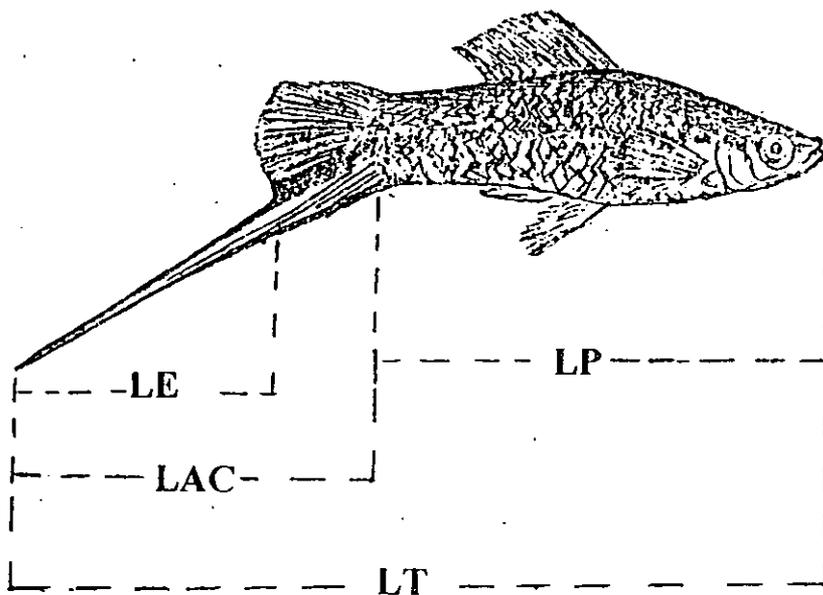


Figura 4.- Parámetros evaluados cuantitativamente al finalizar el tratamiento. Longitud total (LT), Longitud patrón (LP), Longitud de la aleta caudal (LAE), Longitud de la espada (LE).

TRATAMIENTO ESTADISTICO.

Al finalizar el tratamiento los resultados cuantitativos de la longitud total (LT), longitud patrón (LP), longitud de la aleta caudal (LAC), longitud de la espada (LE), y los datos fueron evaluados con el estadístico de Kruskal-Wallis (Montgomery, 1991) ya que los datos no mostraron normalidad ($P < 0.001$), y posteriormente al conocer si existían diferencias significativas se comparó el grupo control contra los grupos experimentales por el Método de Dunnetts ($P < 0.001$) (Montgomery, 1991) Para el caso del porcentaje de machos se utilizó el estadístico de Tukey ($P < 0.001$) (Montgomery, 1991) ya que en este caso los datos si mostraron normalidad. Lo anterior fue con la ayuda del paquete estadístico Jandel Sigma Stat 2.0 para Windows.

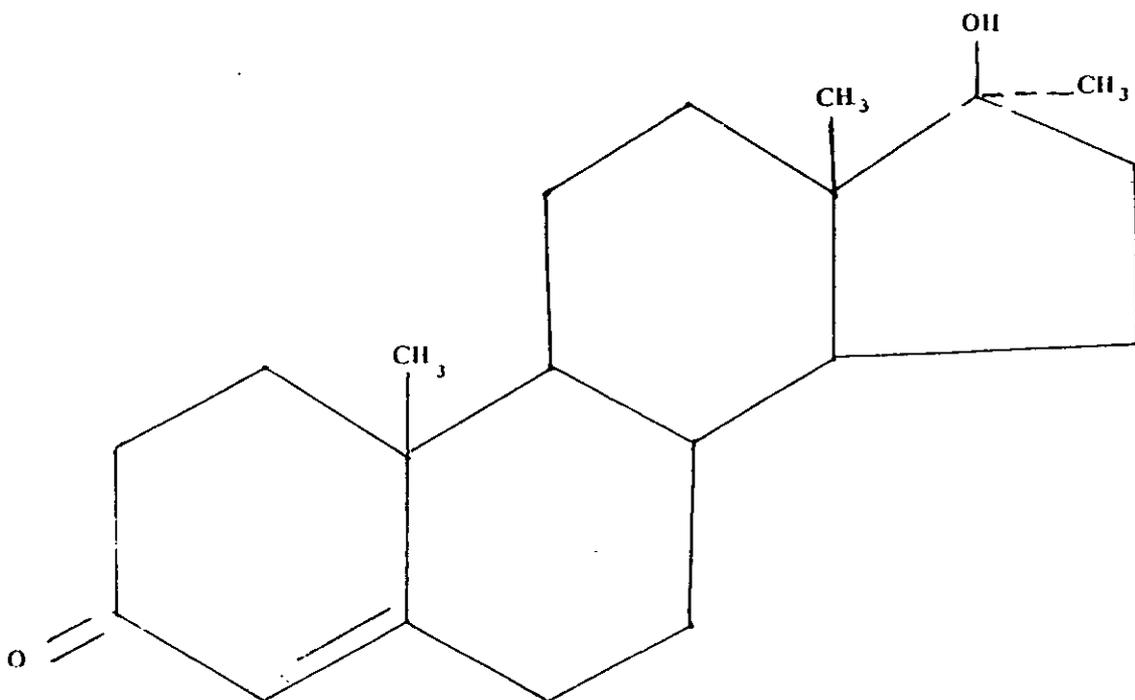


Figura 5. -Molécula de la hormona 17 α -metiltestosterona. (Tomado de Lynch *et al*, 1982).

RESULTADOS

Los resultados obtenidos después de 60 días de tratamientos con el uso de diferentes dosis de 17α MT en el alimento a crías de 10 días de nacidos de *Xiphophorus helleri* son los siguientes:

1. - LONGITUD TOTAL.

	DOSIS DE LA HORMONA				
	Control	5.0	7.5	10.0	12.5
Longitud en mm	27	27.5	28.5	31	33

Tabla 1. - Longitud total de los organismos al finalizar el tratamiento.

2. - LONGITUD PATRÓN.

	DOSIS DE LA HORMONA				
	Control	5.0	7.5	10.0	12.5
Longitud en mm	20.75	20	20	25	23.75

Tabla 2.- Longitud patrón de los organismos al finalizar el tratamiento

3.- LONGITUD DE LA ALETA CAUDAL.

	DOSIS DE LA HORMONA				
	Control	5.0	7.5	10.0	12.5
Longitud en mm	6	7	8	6.5	10

Tabla 3.- Longitud de la aleta caudal de los organismos al finalizar el tratamiento.

4.- LONGITUD DE LA ESPADA.

	DOSIS DE LA HORMONA				
	Control	5.0	7.5	10.0	12.5
Longitud en mm	0	1	2	3	5

Tabla 4.- Longitud de la espada de los organismos al finalizar el tratamiento.

5.- PORCENTAJE DE MACHOS.

	Φ Población obtenida en laboratorio.	DOSIS DE LA HORMONA				
		Control	5.0	7.5	10.0	12.5
Porcentaje de machos	35.5	0	60	100	100	100

Tabla 5.- Porcentaje de machos fenotipicos obtenidos al finalizar el tratamiento.

Φ Porcentaje obtenido en el laboratorio en distintas generaciones de la especie a los 6 meses de edad.

6.- PRECOCIDAD.

	DOSIS DE LA HORMONA				
	Control	5.0	7.5	10.0	12.5
Días de tratamiento	>60	45	40	32	26

Tabla 6.- Número de días en que se empiezan a observar los cambios morfológicos característicos de machos fenotipicos después de iniciado el tratamiento.

8.- MORTALIDAD.

	DOSIS DE LA HORMONA				
	Control	5.0	7.5	10.0	12.5
Porcentaje de mortalidad	0	0	0	0	0

Tabla 7.- Porcentaje de mortalidad obtenido al finalizar el tratamiento.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1.- LONGITUD TOTAL (Tabla 1)

Este es un parámetro no reportado en la bibliografía, incluso en los más recientes trabajos de esta especie y hormona publicados por Nava-Bautista en 1997 y Salgado 1998 no reportan tallas ya que solo reportan porcentajes de poblaciones obtenidas por eso se considera que esta investigación es un aporte nuevo para el estudio de especies tratadas con hormonas, no sólo en el caso de la longitud total, sino para todos los parámetros evaluados cuantitativamente a través de la longitud. De los datos obtenidos podemos decir que el mejor tratamiento observado fue el aplicado con 12.5 mg/Kg. ya que se obtuvo una media de 33mm, el cual corresponde al tratamiento más alto utilizado y que el valor más bajo se observó en el grupo control con 27mm y al someter los datos al tratamiento estadístico se encontraron diferencias significativas con el uso del estadístico de KruskalWallis y posteriormente mediante el método de Dunnetts se observó que el grupo control tiene diferencias significativas con todos los tratamientos experimentales (Apéndice 2), haciendo mención que en general durante este estudio se apreció una tendencia al aumento de la longitud total en una relación directa conforme aumenta la concentración de hormona utilizada en el alimento (Gráfica No.1), lo cual es observado por algunos autores como Santandreu (1994) quien al experimentar con MT en salmón (*Oncorhynchus masou*) afirma que la hormona en peces juveniles los hace crecer más rápidamente, algo que también fundamenta Higgs et al (1979) quien dice que esto es debido a la combinación de MT con la tiroxina, por lo que en general con la MT se optimiza la utilización de nutrientes, tal como lo afirma Peters (1979) quien sugiere que la MT incrementa el apetito de los organismos que al consumir mayor cantidad de alimento se refleja en un incremento en la síntesis de enzimas digestivas y/o absorción de aminoácidos, en general podemos afirmar que se observa que con la administración de esteroides se incrementan las proteínas por lo que el organismo aumenta su peso y su talla.

2.- LONGITUD PATRÓN (Tabla 2)

Los resultados observados con la evaluación de este parámetro es que con la dosis de 5 y 7.5 mg/Kg los peces disminuyen su longitud patrón con respecto al grupo control aunque esto no es significativo estadísticamente, lo contrario ocurre con en el grupo control con respecto a los grupos tratados con 10.0 y 12.5 mg/Kg de MT ya que se comprobó con el estadístico de Krukals-Wallis que si existen diferencias significativas entre el grupo control y los grupos tratados con 10 y 12.5mg/Kg lo cual fue corroborado con el método de Dunnetts (Apéndice 2), para algunos autores como Clemens *et al* (1966) quien uso 17 α MT en dosis de 20,25 y 30 μ g/Kg en gupys durante 60 días obtuvo que la dosis de 25 μ g lograba la mayor longitud patrón ya que algunas de las proteínas producidas se encaminan a la formación de los caracteres sexuales secundarios como lo son las aletas y en este caso la modificación de la aleta anal en gonopodio. Podemos entonces decir que para

objetivos la dosis más efectiva en este sentido fue la de 10.0 mg/Kg. y la de menor efectividad fue la dieta con 7.5 mg/Kg y 5.0 mg/Kg. (Gráfica 2).

3.- LONGITUD DE LA ALETA CAUDAL (Tabla 3).

En este caso no se encontró registro alguno dentro de la bibliografía por lo que se considera que estos resultados son los primeros de su tipo, para la especie tratada con 17α -metiltestosterona, considerando nuestros objetivos se puede decir que la mejor efectividad en este sentido fue utilizando una dosis de 12.5 mg/Kg y la dosis de menor efectividad fue la del grupo control, es decir, donde no se dió hormona (Gráfica 3). Lo anterior corroborado con los estadísticos utilizados ya que en todos los casos hubo diferencias significativas de los grupos experimentales con respecto al grupo control (Apéndice 2). En este sentido nuestros resultados son compatibles con los obtenidos por Clemens *et al.* (1966), Gannam y Lovell (1991), Márquez *et al.* (1994) y Fuentes (1994) en donde se afirma en todos los casos que existe un incremento en la talla de las aletas de los organismos y que finalmente las hormonas se manifiestan a través de los caracteres sexuales secundarios dado que estas influyen primeramente en la gónada y como consecuencia los resultados ya comentados.

4.- LONGITUD DE LA ESPADA (Tabla 4).

La longitud de la espada era uno de los caracteres sexuales secundarios que nos ayudaría a determinar el sexo morfológico de los organismos. Al realizar el estadístico de prueba en este caso si se observaron diferencias significativas de todos los grupos experimentales con respecto al grupo control (Apéndice 2); también debe quedar claro que en el caso de los grupos experimentales la modificación de la aleta así como su longitud fue aumentando conforme aumentaba la dosis de hormona, (Gráfica No 4); y en el caso de los grupos tratados con 7.5, 10.0 y 12.5 mg/Kg para todos los peces si se observó dicha modificación en una forma directamente proporcional, en estas observaciones no se pueden corroborar con la bibliografía ya que no existe estudio previo aunque algunos autores como Gannam y Lovell, (1991) quien menciona que al tratar con 17α MT a los bagres *Ictalurus punctatus* se observa un cambio notable en el desarrollo de las aletas, lo mismo afirma Clemmens *et al.* (1966) Márquez *et al.* (1994) y Fuentes (1994) que al tratar gupys con testosterona obtuvo machos con mayor colorido y vistosidad logrando peces con mayor demanda comercial. Así como Márquez *et al.* (1994) y Fuentes (1994) que al tratar tres distintas especies de Poecilidos observan un incremento de la aleta caudal

5.- PORCENTAJE DE MACHOS (Tabla 5).

Para el grupo control no se observa la manifestación de caracteres sexuales secundarios, ni de la modificación de la aleta caudal en forma de espada ni en la aparición del gonopodio por lo que se consideró que a los 60 días no se observó ni un solo macho fenotípico por lo que se ha asignado el valor de 0% de machos obtenidos en este grupo, sin embargo se ha incluido un valor más, el cual corresponde al promedio obtenido en el laboratorio en distintas generaciones de la especie con el fin de comparar no sólo los grupos tratados con hormona con nuestro grupo control, sino que además con un grupo en condiciones naturales para poder hacer una consideración más objetiva del efecto de la hormona. En este caso para los demás grupos se consideró para la diferenciación del sexo la modificación de la aleta caudal en forma de espada y/o la aparición del gonopodio; aunque se debe señalar que no en todos los casos los caracteres sexuales secundarios fueron iguales en cuanto a la talla y colorido ni que todos los organismos presentaron las mencionadas modificaciones (Gráfica No.5). Al tratar estadísticamente los resultados demuestran que si hay diferencias significativas de los grupos tratados con respecto al grupo control incluso con el promedio obtenido en el laboratorio, observándose claramente la efectividad del tratamiento (Apéndice 2). Lo cual concuerda con los trabajos hechos por Nava-Bautista y Rodríguez-Gutiérrez, (1997) y Salgado *et al.*, (1998) quienes obtienen poblaciones sólo de machos de *X. helleri* al tratarlos con 17α -metiltestosterona.

6.- PRECOCIDAD (Tabla 6).

Con el uso de 17α MT se observó precocidad en la manifestación de los caracteres sexuales secundarios como son, desarrollo de la espada en la aleta caudal, modificación de la aleta anal en gonopodio, y coloración más intensa ya que en el caso de los organismos control al final de la etapa experimental de 60 días no se observó ninguno de estos cambios en ninguno de los peces señalando que para el caso del grupo tratado con la dosis de 5.0 mg/Kg la manifestación de alguno de estos caracteres se observa a partir de los 45 días en promedio de iniciado el tratamiento; para algunos organismos en el caso de 7.5 mg/Kg esta manifestación de caracteres sexuales secundarios fue a partir de los 40 días de tratamiento; en el caso de los organismos tratados con la dosis de 10.0 mg/Kg estas observaciones se hicieron a partir de los 32 días de tratamiento; y finalmente para los peces tratados con dosis de 12.5 mg/Kg se observaron la manifestación de los caracteres sexuales secundarios a partir de los 26 días de iniciado el tratamiento (Gráfica no. 6), también se observó un comportamiento de disputa por la territorialidad y conforme cambiaban un comportamiento de cortejo típico de la especie de los machos fenotípicos hacia los peces que aún no modificaban su morfología, como lo comenta Beaugrand *et al.*, 1984. Las características morfológicas analizadas como lo son los caracteres sexuales secundarios manifiestan un mejor y mayor colorido por lo que en este sentido no sólo se logró el objetivo de obtener poblaciones monosexo; sino que además se mejoró su calidad comercial con lo cual esta técnica se convierte en una opción económicamente rentable, no sólo por la venta de los ejemplares, sino por que además es de fácil aplicación y sólo se obtienen machos que tienen

una mayor demanda comercial y un valor económico mayor. Algo semejante reporta Kramer *et al.*, (1988) quien al tratar al pez cabeza azul *Thalassoma bifasciatum* con testosterona observó un cambio drástico en el color a partir del quinto día de tratamiento

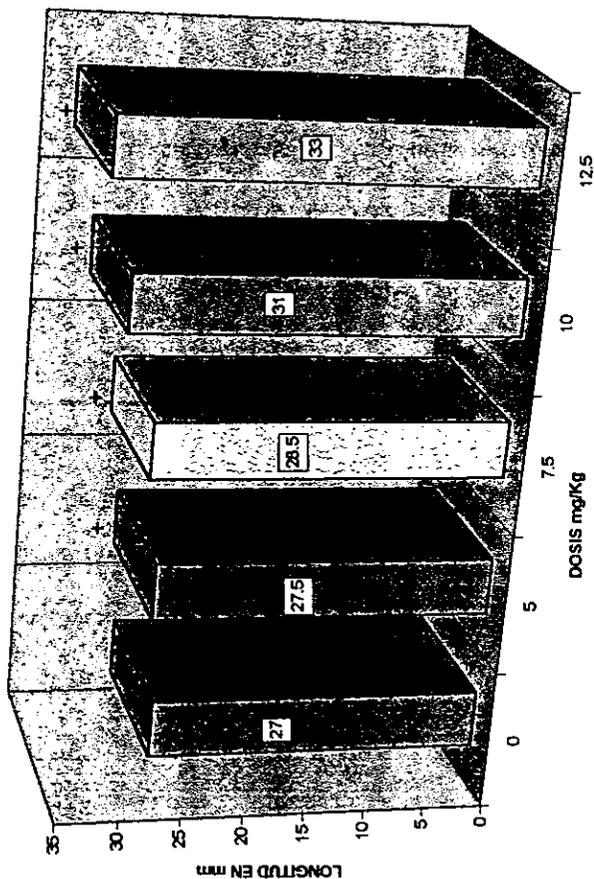
7.- COLORIDO Y VISTOCIDAD.

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 diferencias se puede observar un mayor colorido conforme aumenta la dosis de hormona y lo mismo sucede con los caracteres sexuales secundarios como son el gonopodio, la aleta dorsal y la aleta caudal que tienen una mayor talla comparada con el grupo control, estos resultados son parecidos con los obtenidos por Kramer *et al.*, en 1988 y por los reportados por Fuentes en 1994 quien reporta estas observaciones en *Poecilia reticulata* sin poder dejar de mencionar en este capítulo que estas características son bien aceptadas en el comercio internacional ya que lo que se pretende en esta industria de la acuicultura con fines ornamentales es mejorar estas características de la especie para así lograr mejores utilidades (Fotografía 1)

8.- MORTALIDAD

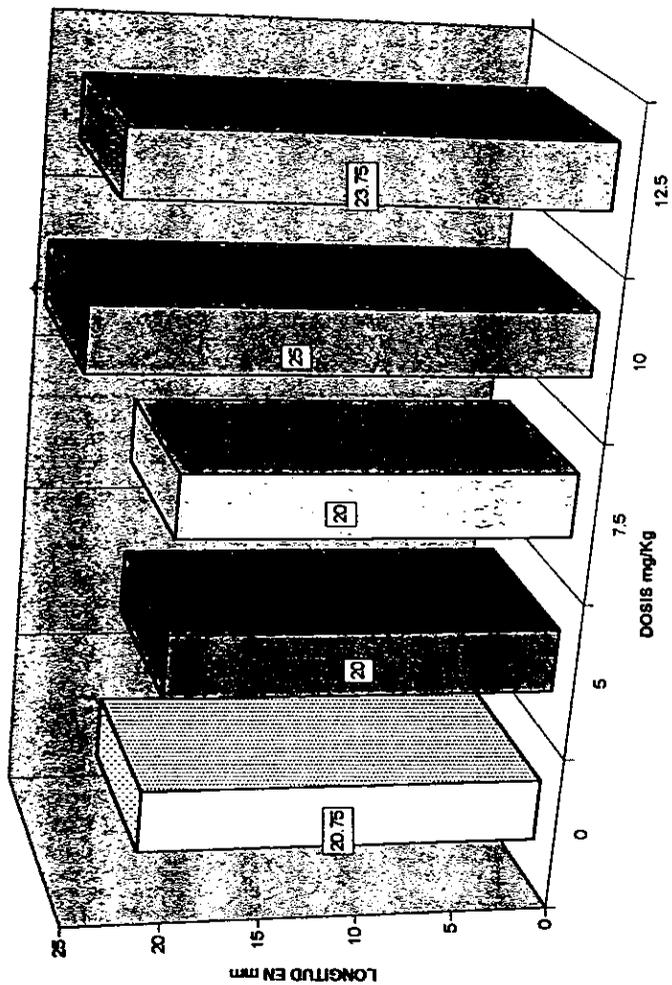
En este aspecto cabe señalar que en ninguno de los tratamientos ya sea en el control o los experimentales; hubo muertes, por lo que se consideró la mortalidad con un valor de cero para todos los casos. Además de comprobar que el tratamiento utilizado y probado en esta experimento da buenos resultados como para ser utilizado en el ámbito de producción, ya que son pocos los trabajos que reportan 0% de mortalidad y siempre atribuyen un porcentaje de mortalidad al tratamiento o manejo de los organismos. La nula mortalidad puede deberse a que las concentraciones de hormona utilizada son bajas con respecto a las utilizadas por otros autores como Nava-Bautista y Rodríguez-Gutiérrez, (1997) quien a pesar de que obtienen poblaciones de machos sí reportan mortalidad en sus tratamientos. y por tal motivo no existe un gran cambio en la fisiología de los organismos

LONGITUD TOTAL DE *X. helleri* AL FINALIZAR EL TRATAMIENTO CON 17-METILTESTOSTERONA



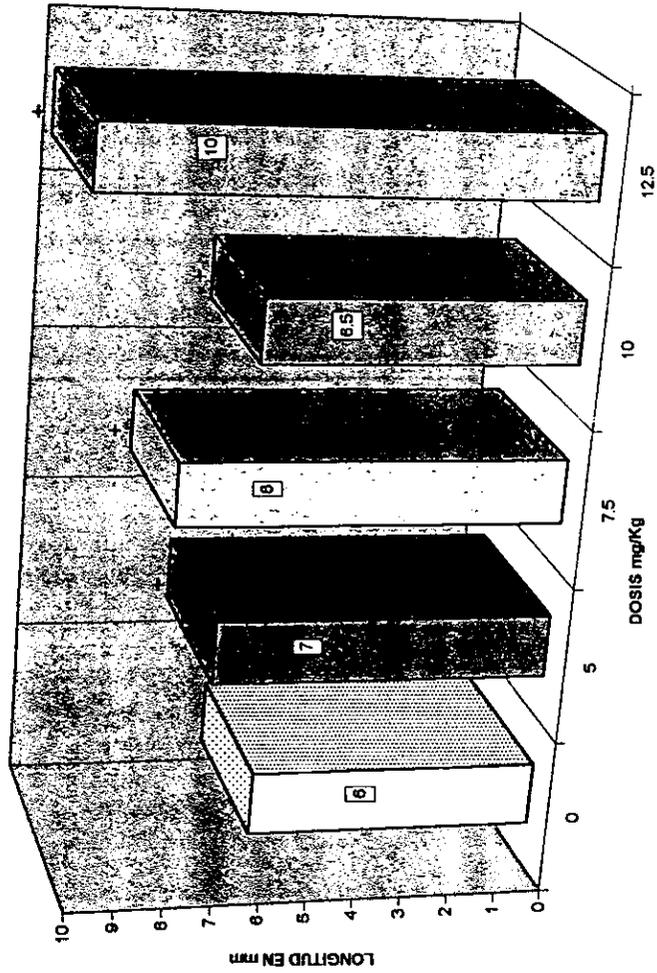
Gráfica 1.- (*) grupos que presentan diferencias significativas contra el grupo control ($P < 0.001$)

LONGITUD PATRON OSERVADA EN X, heller/
AL SER TRATADOS CON MT



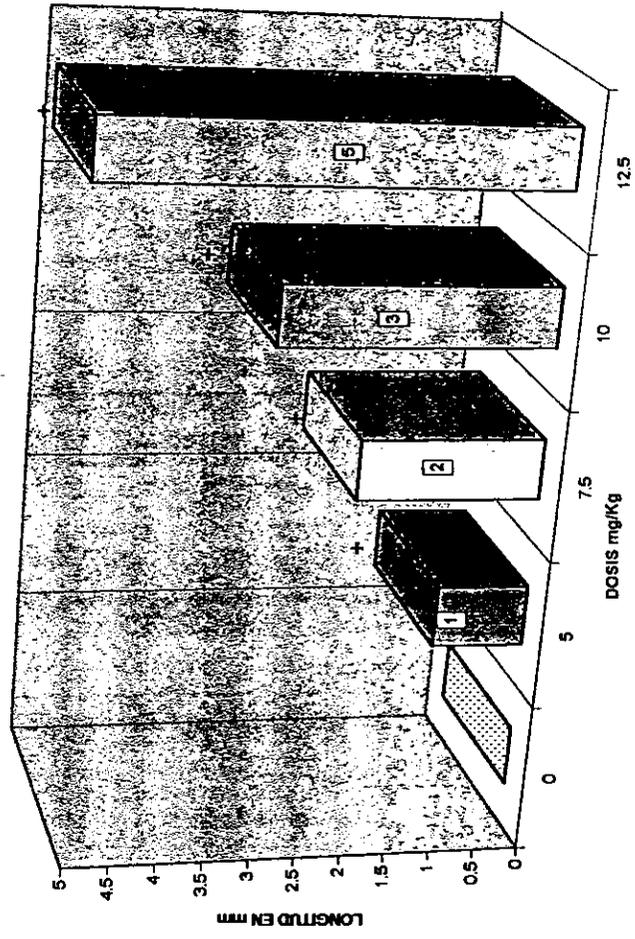
Gráfica 2.- (*) grupos que presentan diferencias significativas contra el grupo control

LONGITUD DE LA ALETA CAUDAL
EN *X. helleri* TRATADA CON MT



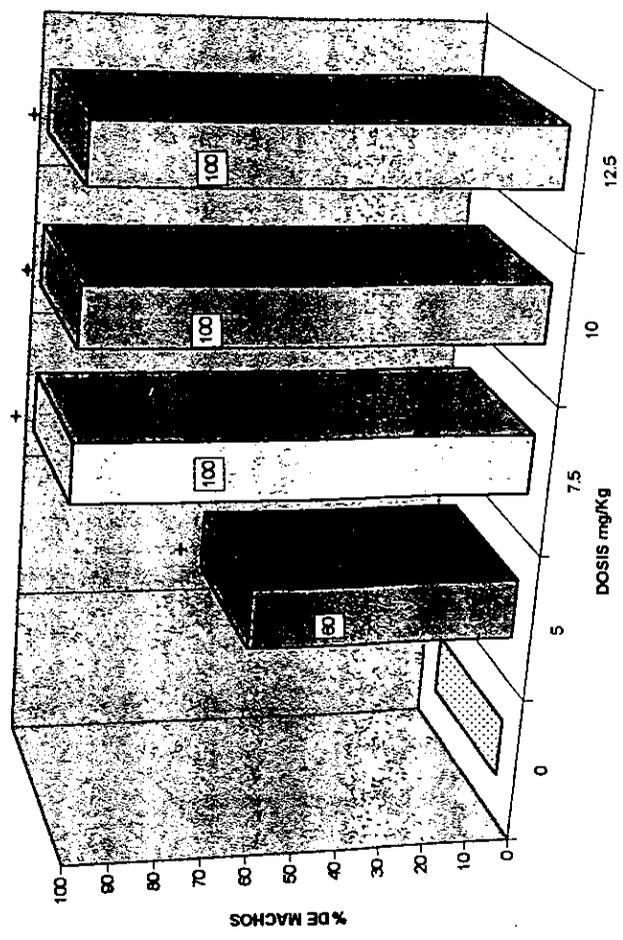
Gráfica 3.- (*) grupos que presentan diferencias significativas contra el grupo control

LONGITUD DE LA ESPADA de *X. hefferi*
AL FINALIZAR EL TRATAMIENTO CON MT



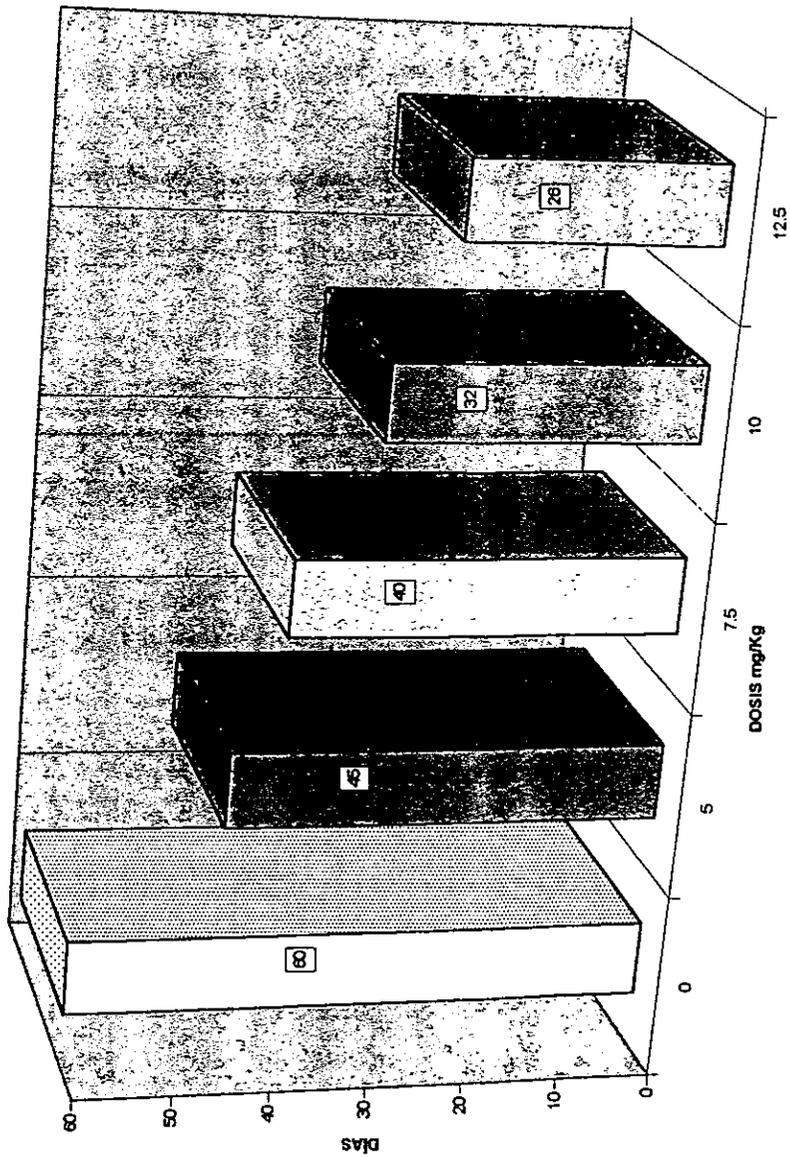
Gráfica 4.- (*) grupos que presentan diferencias significativas contra el grupo control

PORCENTAJE DE MACHOS
OBTENIDO EN *X. helleri* TRATADO CON MT

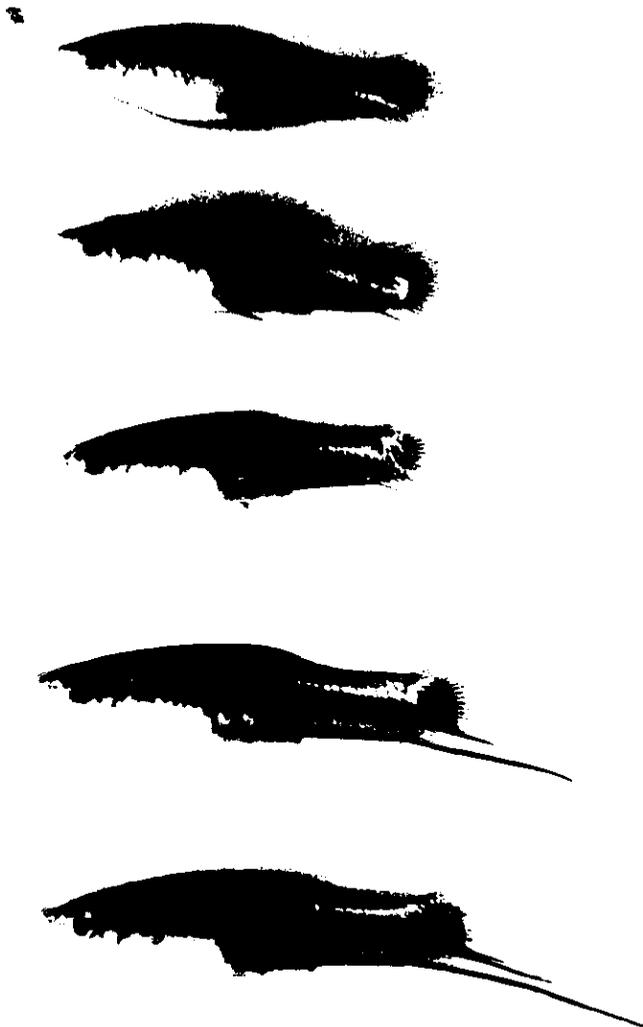


Gráfica 5.- (*) diferencias significativas contra el grupo control (P<0.001)

TIEMPO EN QUE SE OBSERVAN MACHOS FENOTIPICOS
DE *X. helleri* AL SER TRATADOS CON MT



(Gráfica no. 6)



Fotografía 1.- Donde se aprecian las diferencias morfológicas en la talla y colorido, así como en la aleta caudal obtenida con los diversos tratamientos. De arriba hacia abajo: Grupo control, 5.0, 7.5, 10.0, 12.5mg/kg MT.

CONCLUSIONES.

De los resultados obtenidos podemos afirmar que la dosis más recomendable para este tipo de técnica de acuicultura resulta ser la de 12.5 mg de MT ya que da los mejores resultados en cuanto a la obtención de poblaciones monosexo (machos) con excelentes características morfológicas.

Consideramos que el uso de esta técnica es altamente recomendable para lograr obtener peces de ornato y particularmente los de la familia Poeciliidae con características morfológicas atractivas, y con esto un mayor precio comercial incluso con características que pueden competir en el mercado internacional.

Dada la nula mortalidad, creemos que las dosis de hormona así como los periodos de aplicación, y la edad de los organismos propuesta es la mejor opción de tratamiento que hasta el momento se ha probado para la obtención de poblaciones monosexo con excelentes cualidades comerciales. Ya que incluso a pesar de que en nuestro país se están realizando investigaciones con diversas hormonas incluida la 17 α MT en *X. Helli* nuestra técnica utiliza las dosis más bajas logrando buenos resultados lo cual debe repercutir directamente en los costos de producción y por otro lado con las aguas de desecho se emiten bajas dosis de hormona a los cuerpos de agua, así evitando en mayor medida que otras poblaciones puedan ser dañadas o afectadas.

El colorido y vistosidad observada en los peces tratados con la hormona nos hacen notar que los organismos pueden alcanzar características morfológicas comerciales en un lapso de tiempo menor y reducirlo hasta en un tercio al que se logra naturalmente para que los peces puedan ser comercializados

Con el presente trabajo se pone de manifiesto que las especies nativas de los cuerpos de agua mexicanos y con un programa adecuado de trabajo bien estructurado, pueden constituir un buen recurso para ser explotado y con ello ser una alternativa de desarrollo económico.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, J.V.** 1970. Peces mexicanos. (Claves) Secretaría de Industria y Comercio. México. 166pp.
- Anderson, C.E. and Smitherman, R.O.** 1973. Production of normal male and androgen sex-reversed *Tilapia aurea* and *T. nilotica* fed a commercial catfish diet in ponds., Culture of Exotic Fishes, Am. Fish. Soc., Auburn, Ala.
- Axelrod, H.R.** 1988. Mini-Atlas de peces de acuario de agua dulce. T.F.H. Publications, Inc. España.
- Baldwin, F.M. y Goldin, H.S.** 1940. Effects of testpsterone propinate of the female viviparous teleost *Xiphophorus helleri*. Proc. Soc. Exptl. Biol. Med. 42:813-819.
- Basavaraja, M.C. et al.** 1990. Induction of sex reversal in *Oreochromis mossambicus* by Diethylthylbestrol. J. Appl. Ichtyol. 6:46-50.
- Beaugrand, J.P., Caron, J., Comeau, L.** 1984. Social organization of small heterosexual groups of green swordtails *Xiphophorus helleri* pisces Poeciliidae under conditions of captivity, Behaviour, 91 (1-3):24-60.
- Berkowitz, P.** 1937. Effects of oestrogenic substances in *L. reticulatus*. Proc.Soc. Exptl. Biol. Med. 36:416-418.
- Blázquez, M. et al** 1995. Development of sex control techniques for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) aquaculture: effects of dietary 17 α -methyltestosterone prior to sex differentiation. Aquaculture 135:329-342.
- Buddle, C.R.** 1984. Androgen-induced sex-inversion of *Oreochromis* (trewavas) híbrid frystocked into cages standing in an earthen pond. Aquaculture. 40:233-239.
- Chang, S. T. H. y Yeung, W. S. B.** 1983. Sex control and sex reversal in fish under natural conditions. En Fish Physiology, (Hoar, W. S. et al Eds.) Vol IX B pág 171-222. Acad. Press. New York.
- Clemens, H. P. et al.** 1966. The effects of feeding methyltestosterone to Guppies for sixty days after birth. COPEIA, 2:280-284.
- Cohen, H.** 1946. Effects of sex hormones on the development of the platyfish . Zoológica, 31:121-128.

- Cruz, G. A. y Rodríguez, V. A. 1995. Aprovechamiento de la fauna nativa de sistemas estuarinos como una alternativa en el acuarismo. XIII Congreso Nacional de Zoología, Michoacan, México.
- Donaldson, E., Fagerlund, U., Higgs, D., and McBride, J. 1978 Hormonal enhancement of growth. I: S. Hoar, D., Randall and Brett (Editores), Fish Physiology Vol. III Academic Press, New York. pp 456-597
- Essenberg, J. 1926. Complete sex reversal in the viviparous teleost *Xiphophorus helleri* (Heckel). Biol. Bull. 51:98-111
- Fuentes-Pérez, J.A. 1994. Inducción sexual en peces de la familia Poeciliidae con el uso de la hormona 17 α -metiltestosterona. XVIII Simposio de Biologías de Campo y XI Coloquio Estudiantil de Tercera Etapa. UNAM campus Iztacala.
- Gannam, A.L., and Lovell, R. T. 1991. Effects of feeding 17-methyltestosterone, 11-ketotestosterone, 17-estradiol, and 3,5,3-triiodothyronine to channel catfish, *Ictalurus punctatus*, Aquaculture, 92:377-388.
- Guerrero III, R. D. 1975. Use of androgen for the production of all male *Tilapia aurea* (Steindachner). Trans. Am. Fish. Soc. 104:324-348.
- Hernández, B. S. 1988. Inversión sexual de la mojarra *Cichlasoma urophthalmus* a través de la administración de la 17-Metiltestosterona en el alimento. Tesis de Maestría, CINVESTAV MERIDA.
- Hernández, S., Benitez, J. 1989. Taller de actualización. Las hormonas en la producción piscícola. ENEP Iztacala UNAM.
- Higgs, D. A., Fagerlund, U., McBride, J., Dye, h. and Donaldson, E. 1979. Influence of combination of bovine growth hormone, 17 α -methyltestosterone and L-thyroxine on growth of yearling coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) Can. J. Zool., 55:1046-1056
- Higgs, E. A., Fagerlund, U., Eales, J., McBride, J. 1982. Application of thyroid and steroid hormones as anabolic agents in fish culture. Comp. Biochem. Physiol. B. 73(1):143-176
- Hildemann, W. H. 1954. Effects of sex hormones on the secondary sexual characters of *Lebistes reticulatus*. J. Eryl. Zool. 126:1-15.
- Hoar, S. W. 1969. Reproduction. En Fish Physiology. (Hoar, S. W., Randall, D. J. y Donaldson M. Eds) Vol III Acad. Pres. New York.

- Hopkins, K.D., Shelton, W. L. y Engle, C. R. 1979. Estrogen sex-reversal of *Tilapia aurea*. *Aquaculture*, 18:263-268.
- Hunter, G. A. y Donaldson, E. M. 1983. Hormonal sex control and its application in fish culture. *Fish Physiology*, (Hoar, S. S. W., Randall, D. J. y Donaldson, E. M. Eds.) Vol IX Acad. Press. New York.
- Jiménez, G. F. y Auró de O. A. 1994. Enfermedades de peces de ornato y su importancia en la sanidad acuícola. UNAM, FMVZ. México.
- Kallman, K.,D. 1975. The platyfishs, *Xiphophorus maculatus*. Handbook of genetics, 4.81-132. N.Y., U.S.A.
- Kavumpurath, S. y Pandian, T. J. 1993. Masculinization of *Poecilia reticulata* by administration of synthetic or natural androgen to gravid females. *Aquaculture*, 116:83-88.
- Kramer, C. R., Kallman, K. D. 1985. Sex differentiation of somatic tissue in the unesexualised gonad primordia of the embryos of three species of poeciliid fish. *J. Anat.*, 140:269-277.
- Kramer, C. R., Koulisch, S., Bertacchi, P. L. 1988. The effects of testosterone implants on ovarian morphology in the bluehead wrasse, *Thalassoma bifasciatum* (Bloch) (Teleostei: Labridae). *J. Fish. Biol.* 32:397-407.
- Lee, C.-S., Tamaru, C. S., Kelley, C. D., Miyamoto, G.T., Moriwake, A. M. 1992. The minimum effective dosage of 17-methyltestosterone for induction of testicular maturation in the striped mullet, *Mugil cephalus*. *L. Aquaculture* 103:183-191.
- Liley, N.R. 1969. Hormones and reproductive behavior in fishes. En *Fish Physiology* (Hoar, S. W., Randall, D.J. y Donaldson, E. M. Eds.) Vol III Acad. Press. New York.
- Lim, B. H; Phang,-V-P-E y Reddy, -P-K. 1992. The effects of short-term treatment of 17 α -methyltestosterone and 17-B-estradiol on growth and sex ratio in the red variety swordtail *Xiphophorus helleri*, *Journal of aquaculture in the tropics*, 7(2):267-274.
- Lodi, E. 1979. Instances of sex inversion in the domesticated swordtail, *Xiphophorus helleri* Heckel.(Pisces;Osteichthyes). *Experientia* 35:1440-1441.
- Lone, K.P. and Matty, A.J. 1980. The effect of feeding methyltestosterone on the growth and body composition of common carp (*Cyprinus carpio* L.) *Gen. Comp. Endocrinol.* 40:409-424.

- Lynch, M., Stanley, R., Mellor., Spare, P., 1982. Métodos de laboratorio. 2ª Edición. Ed. Interamericana. México. Pag 622.
- Márquez E. A., Peña A. F., Fuentes P. J. A. 1994. Aplicación de las hormonas Diethylestilbestrol y 17 α -Methyltestosterona en la obtención de poblaciones monosexo en peces de ornato. IV Congreso Nacional de Ictiología. Morelia, Michoacán, México.
- Meffe, G., Snelson, F. 1989. Ecology and Evolution Livebearing fishes (Poeciliidae). Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 453 pp.
- Milton, D. A., Arthington, A. H. 1983. Reproductive biology of *Gambusia affinis holbrooki* baird and girard *Xiphophorus maculatus* (Heckel) (Pisces: Poeciliidae) in Queensland, Australia, J. Fish Biology, 23 (1): 23-41.
- Montgomery, D., C. 1991. Diseño y análisis de experimentos. Ed. Iberoamérica. México. 599pp.
- 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.
- Nava-Bautista, J. A., Rodríguez-Gutiérrez, M. 1997 Effect of 17 α -methyltestosterone and vitamin B complex on the sexual reversion induction of two of the development stages of *Xiphophorus helleri*, Heckel, 1848 (Pisces: Poeciliidae). J. Aqua. Trps 12(1): 65-71.
- Orbe, A., Acevedo, J., Guzmán, M. 1996. La investigación en el cultivo de especies nativas. Memorias de las reuniones técnicas de la red Nacional de la Investigación para Acuicultura en aguas continentales
- Pandian, T. J. y Sheela, S.G. 1995. Hormonal induction of sex reversal in fish. Aquaculture 138:1-22.
- Pelissero, C; Sumpter, J. P. 1992. Steroids and "steroid-like" substances in fish diets. Aquaculture, 107:238-301.
- Peña, A., F. 1996. Obtención de una población monosexo (Hembras) de *Xiphophorus helleri* (Heckel, 1848) mediante la administración de Diethylestilbestrol en el alimento a hembras gravidas. Tesis de licenciatura. UNAM campus Iztacala
- Peters, G. 1964. Vergleichende unntersuchungen on drei Subespecies von *Xiphophorus helleri* Heckel (Pisces). Z. Zool. Syst. Evolutinfirsh. 2:185-271.

- Peter, R.E., Crim, L., 1979. Reproductive endocrinology of fishes: Gonadal cycles and gonadotropin in teleost. *Ann. Rev. Physiol.* 41:323-333
- Piña, E. R. 1995. Peces marinos tropicales con fines de ornato. XIII Congreso Nacional de Zoología. Michoacán, México.
- Salgado, Z., Marañón, H., Maya, P., Martínez, E. 1998. Anabolic and androgenic effect of three different steroids on *Xiphophorus helleri*. International Symposium on Viviparous Fishes Cuernavaca, Morelos, México.
- Santandreu, I.A., Díaz, N.F. 1994. Effect of 17α -methyltestosterone on growth and nitrogen excretion in masusalmon (*Oncorhynchus masous* Brevoort) . *Aquaculture*, 124:321-333.
- Screibman, M.P., Berkowitz, E.J., Perlman, P.W., Hurk, R. 1979. The role of sex esterooids in the sexual maturation of platyfish. *Am. Zool.*, 19(3):852.
- Screibman, M. P., Halpern-Sebold, L.R., Margolis-Kazan, H., Perlman, P.W. 1983. The effects of androgens on the structure and function of the brain-pituitary-gonad axis of platyfish. *Am.Zool.*, 23(4):882.
- Shelbourn, J. E., Clark, W. C., McBride, J.R., Fagerlund, U.H.M., Donaldson, E.M. 1992. The use of 17α -Methyltestosterone and 3,5,3, -triiodo- L-thyronine for sterling and accelerating the growth of zero-age coho salmon smolts (*Oncorhynchus kisutch*) *Aquaculture*, 103:85-99.
- Takahashi, H. 1975. Functional feminization of genetic males of the guppy *P. reticulata* estrogenafter birth. *Bull. Fac. Fish Hokkaido Univ.*
- Tavolga, W. N. 1949. Embryonic development of the platyfish (*Platypoecilus*), the swordtail (*Xiphophorus*), and their hybrids. *Bull. of The American Mus. of Nat. Hist.*, Vol. 94:4 in 1950.
- Witschin, E. y Crown, E. N. 1937. Hormones and sex determination 70:121.
- Yamamoto, T. 1969. Sex Diferntiation. In W.S. Hoar and D.J. Rordall (Editors), *Fish. Physiology*, Vol III, Academic. Press, New York, pp 117-175.
- Yamazaki, F. 1976. Aplication of hormones in fish culture. *J. Fish. Res. Board Can.* 33:948-958.
- Yamazaki, F. 1983. Sex control and manipulation in fish. *Aquaculture* 33:329-354.

APENDICE I

Alimento para trucha utilizado en el tratamiento experimental

SALMON STARTER 2

Proteínas crudas	55.0%
Grasa cruda	15.0%
Fibra cruda	2.0%

APENDICE 2

LONGITUD TOTAL

One Way Analysis of Variance

Data source: Data 1 in Notebook

Normality-Test: Failed (P = <0.001).

Test execution ended by user request, ANOVA on Ranks begun

Kruskal-Wallis One-Way Analysis of Variance on Ranks

Data source: Data 1 in Notebook

Group	N	Missing
Control	60	0
5.0mg/Kg	60	0
7.5mg/Kg	60	0
10.0mg/Kg	60	0
12.5mg/Kg	60	0

Group	Median	25%	75%
Control	27.000	23.000	29.500
5.0mg/Kg	27.500	24.000	32.000
7.5mg/Kg	28.500	25.000	31.500
10.0mg/Kg	31.000	26.500	33.500
12.5mg/Kg	33.000	31.000	39.000

H = 57.691 with 4 degrees of freedom. (P = <0.001).

The differences in the median values among the treatment groups are greater than would be expected by chance; there is a statistically significant difference. (P = <0.001)

To isolate the group or groups that differ from the others use a multiple comparison procedure.

All-Pairwise Multiple Comparison-Procedures (Dunnnett's Method) :

Comparison	Diff of Ranks	p	q'	P<0.05
12.5mg/Kg vs Control	6642.000	5	6.990	Yes
10.0mg/Kg vs Control	2930.500	4	3.853	Yes
7.5mg/Kg vs Control	1539.000	3	2.696	Yes
5.0mg/Kg vs Control	1286.000	2	3.375	Yes

LONGITUD PARTON

One Way Analysis of Variance

Data source: Data 1 in Notebook

Normality Test: Failed (P = <0.001)

Test execution ended by user request, ANOVA on Ranks begun

Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks

Data source: Data 1 in Notebook

Group	N	Missing
Control	60	0
5.0mg/Kg...	60	0
7.5mg/Kg	60	0
10.0mg/Kg.	60	0
12.5mg/Kg	60	0

Group..	Median..	25%	75%
Control	20.750	18.000	25.000
5.0mg/Kg..	20.000	18.000	24.000
7.5mg/Kg	20.000	18.000	23.500
10.0mg/Kg.	25.000	20.000	25.500
12.5mg/Kg	23.750	23.000	27.000

H = 35.951 with 4 degrees of freedom... (P = <0.001).

The differences in the median values among the treatment groups are greater than would be expected by chance; there is a statistically significant difference. (P = <0.001)

To isolate the group or groups that differ from the others use a multiple comparison procedure.

All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Dunnnett's Method) :

Comparison	Diff of Ranks	p	q'	P<0.05
12.5mg/Kg vs Control..	3841.500	5	4.043	Yes
10.0mg/Kg vs Control	1858.500	4	2.444	Yes
7.5mg/Kg vs Control	1061.500	3	1.860	No
5.0mg/Kg vs Control	496.000 .2	1.302	No Test Needed	

LONGITUD DE LA ALETA CAUDAL

One Way Analysis of Variance

Data source: Data 1 in Notebook

Normality Test: Failed ($P = <0.001$)

Test execution ended by user request, ANOVA on Ranks begun

Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks

Data source: Data 1 in Notebook

Group	N	Missing
Control	60	0
5.0mg/Kg	60	0
7.5mg/Kg	60	0
10.0mg/Kg	60	0
12.5mg/Kg	60	0

Group	Median	25%	75%
Control	6.000	4.000	6.500
5.0mg/Kg	7.000	6.000	8.500
7.5mg/Kg	8.000	7.000	9.000
10.0mg/KG	6.500	5.500	8.000
12.5mg/Kg	10.000	8.000	12.000

$H = 98.707$ with 4 degrees of freedom. ($P = <0.001$)

The differences in the median values among the treatment groups are greater than would be expected by chance; there is a statistically significant difference ($P = <0.001$)

To isolate the group or groups that differ from the others use a multiple comparison procedure.

All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Dunnnett's Method) :

Comparison	Diff of Ranks	p	q'	P<0.05
12.5mg/Kg vs Control	9023.500	5	9.496	Yes
7.5mg/Kg vs Control	5610.500	4	7.377	Yes
5.0mg/Kg vs Control	3682.500	3	6.452	Yes
10.0mg/Kg vs Control	3156.000	2	8.282	Yes

ESTA TESIS NO DEBE
CALIB DE LA BIBLIOTECA

LONGITUD DE LA ESPADA

One Way Analysis of Variance

Data source: Data 1 in Notebook

Normality Test: Failed (P = <0.001)

Test execution ended by user request, ANOVA on Ranks begun

Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks. Saturday, May 30, 1998, 16:21:17

Data source: Data 1 in Notebook

Group	N	Missing
Control	60	0
5.0mg/Kg	60	0
7.5mg/Kg	60	0
10.0mg/Kg	60	0
12.5mg/Kg	60	0

Group	Median	25%	75%
Control	0.000	0.000	0.000
5.0mg/Kg	1.000	0.000	1.000
7.5mg/Kg	2.000	1.000	3.000
10.0mg/Kg	3.000	3.000	4.500
12.5mg/Kg	5.000	4.250	7.000

H = 226.558 with 4 degrees of freedom. (P = <0.001)

The differences in the median values among the treatment groups are greater than would be expected by chance; there is a statistically significant difference. (P = <0.001)

To isolate the group or groups that differ from the others use a multiple comparison procedure.

All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Dunnnett's Method) :

Comparison	Diff of Ranks	p	q'	P<0.05
12.5mg/Kg vs Control	12562.000	5	13.219	Yes
10.0mg/Kg vs Control	9619.500	4	12.648	Yes
7.5mg/Kg vs Control	6954.000	3	12.183	Yes
5.0mg/Kg vs Control	3264.500	2	8.567	Yes

PORCENTAJE DE MACHOS

One-Way Analysis-of-Variance

Data source: Data 1 in Notebook

Normality-Test: Passed (P = 1.000)..

Equal Variance Test: Passed (P = 1.000)

Group	N	Missing
Control	3	0
5.0mg/Kg	3	0
7.5mg/Kg	3	0
10.0mg/Kg	3	0
12.5mg/Kg	3	0

Group	Mean	Std.Dev.	SEM
Control	0.000	0.000	0.000
5.0mg/Kg	60.000	0.000	0.000
7.5mg/Kg	100.000	0.000	0.000
10.0mg/Kg	100.000	0.000	0.000
12.5mg/Kg	100.000	0.000	0.000

Power of performed test with alpha = 0.050: 1.000.

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between-Treatments	4	23040.000	5760.000	>1e20	<0.001
Residual	10	0.000	0.000		
Total	14	23040.000			

The differences in the mean values among the treatment groups are greater than would be expected by chance; there is a statistically significant difference (P = <0.001).

All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Tukey Test):

Comparisons for factor:

Comparison	Diff of Means	p
7.5mg/Kg vs. Control	100.000	5
7.5mg/Kg vs. 5.0mg/Kg	40.000	5
7.5mg/Kg vs. 12.5mg/Kg	0.000	5
7.5mg/Kg vs. 10.0mg/Kg	0.000	5
10.0mg/Kg vs. Control	100.000	5
10.0mg/Kg vs. 5.0mg/Kg	40.000	5
10.0mg/Kg vs. 12.5mg/Kg	0.000	5
12.5mg/Kg vs. Control	100.000	5
12.5mg/Kg vs. 5.0mg/Kg	40.000	5
5.0mg/Kg vs. Control	60.000	5

Comparison	q	P<0.05
7.5mg/Kg vs. Control	>1e20	Yes
7.5mg/Kg vs. 5.0mg/Kg	>1e20	Yes
7.5mg/Kg vs. 12.5mg/Kg (NAN)		Yes
7.5mg/Kg vs. 10.0mg/Kg (NAN)		Yes
10.0mg/Kg vs. Control	>1e20	Yes
10.0mg/Kg vs. 5.0mg/Kg	>1e20	Yes
10.0mg/Kg vs. 12.5mg/Kg (NAN)		Yes
12.5mg/Kg vs. Control	>1e20	Yes
12.5mg/Kg vs. 5.0mg/Kg	>1e20	Yes
5.0mg/Kg vs. Control	>1e20	Yes