



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA

"REVERSION SEXUAL Y EFECTOS PROVOCADOS POR LA
ADMINISTRACION DE LA TESTOSTERONA EN HEMBRAS
GRAVIDAS DE XIPHOPHORUS HELLERI (POECILIIDAE)".

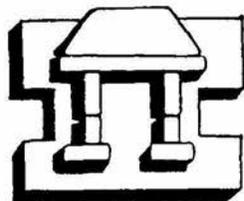
T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A :

JUAN CARLOS MARTINEZ GOMEZ



IZTACALA

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

TLALNEPANTLA, ESTADO DE MEXICO

ENERO 2002



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.



U.N.A.M. CAMPUS

He aprendido a callar de los parlanchines:
tolerancia, de los intelectuales
y bondad, de los duros de corazón.
No obstante, es extraño que no sienta
gratitud de tales maestros,
a caso he adquirido sabiduría?,
mas sin embargo, la
sabiduría deja de ser sabiduría
cuando es demasiado orgullosa para llorar,
demasiado grave para reír,
y demasiado llena de sí misma para
buscar a los demás, ya
que si me llenara de
todo lo que sabes,
¿qué espacio quedaría para todo
lo que no se?

Gibran Jail Gibran.

A MIS PADRES

PAPA

*"Cuando te encuentras solo en la vida es muy difícil
llegar a la meta para cumplir con un
objetivo que nos hemos trazado, pero cuando sabes que cuentas con el
apoyo de algulen y que siempre
estará allí, la trayectoria será mas fácil y menos
pesada a pesar de lo sinuosa que esta sea.
Es por eso que he logrado cumplir con uno de los
objetivos que nos hemos planteado juntos,
gracias por ser mi padre y mi Amigo"*

Tu hijo que te quiere y admira.

MAMA

*"Si mi corazón pudiera hablar, las primeras palabras
que diría serian Te Quiero y Gracias por lo inmenso
y puro de tu amor, por tus culdados, desvelos y
tu manera Incondicional
de estar siempre ahí cuando mas te necesito"*

*Gracias por quererme como lo has hecho
a lo largo de mi vida.*

Te quiere por siempre tu hijo.

*Papá y Mamá, gracias por todo y quiero decirles que este
Pequeño triunfo también es de ustedes.*

A PERSONAS MUY ESPECIALES

En especial a ti

*“Que he tenido la dicha de conocerte,
que has sido parte fundamental en la conclusión de
este trabajo, que eres muy importante en mi vida, que con
tu apoyo incondicional,
tu manera de compartir tu vida con migo, dar y amar,
te has convertido en parte esencial de mi vida”
Gracias por estar con migo.*

Nancy Te Amo

A Valeria y Jorge Armando

*“Por todos los momentos compartidos entre los
tres y cada uno de ustedes,
ya que no de ser por ustedes dos
mi vida sería menos interesante, divertida e incluso
podríamos decir que hasta arriesgada”*

Gracias por ser mis hermanos

A MIS ABUELOS

“A lo largo de mi vida he conocido mucha gente
pero sin duda alguna,
me siento muy agradecido con Dios por
haberme puesto en mi camino
a dos mujeres como ustedes, que a pesar de no tenerlas
a mi lado en estado físico si lo están
en mi mente y mis recuerdos, gracias por sus consejos
y sabiduría que fue compartida con migo,
gracias por su amor que aunque distinto, pero siempre amor”

IN MEMORIA

Ángela Enríquez Enríquez
Petra Briones López

“A pesar de que no te conocí quiero darte las gracias por
haberme dado un padre tan especial como
el que tengo y por tus enseñanzas transmitidas
por medio de mi padre. Se que estarías muy orgulloso
de mí como lo estuviste de mi padre”
Gracias Abuelo.

IN MEMORIA

Juan Martínez Lázaro

“Tu tenacidad en la vida, tu carácter y tu fortaleza,
mantienen mas, la motivación que
tengo por conseguir
triunfar en la vida, como tu lo has hecho. Quiero que
sepas que esta pequeña
meta es parte del fruto de este gran roble”

Con todo mi cariño a mi Abuelito
Gervacio Gómez Luna.

A MIS AMIGOS

"Sin duda alguna a usted
le prometí, concluir con este trabajo lo mas pronto
posible, sin ninguna duda se que
lo puedo considerar un gran amigo aunque
en estos momentos esté con Dios, mas
sin embargo, quiero darle las gracias por haberme dado la
oportunidad de conocerlo y que haya
compartido su conocimiento
con migo y que desde donde esté estaría orgulloso de mi
como yo de usted"

IN MEMORIA

Biólogo Carlos Francisco Medina Mayorga

Adrián, Memo, Ale, Pepe, Lupita y Alma

"Bien dicen que la vida de un Universitario
es muy cansada, pesada, pero sobre todo es demasiado
divertida, ya que en esta si se conoce a mucha
gente pero a tan buenos amigos
como a los que yo tuve
es muy difícil encontrarlos. Gracias a ustedes por ser
como son y sobre todo por ser mis Amigos"
Este triunfo es compartido con ustedes ya que siempre hemos
estado en las buenas y en las malas.

A Alba F. Márquez Espinosa mi directora de tesis,
por su apoyo y ardua paciencia
a lo largo de este trabajo. Gracias por todo.

A todos mis profesores que he tenido
a lo largo de toda mi trayectoria académica, por
haberme formado académicamente y personalmente.

A cada uno de mis sinodales,
por sus acertados comentarios hechos a lo largo de este trabajo
ya que ayudaron en enriquecerlo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y en especial
a la FES IZTACALA

“POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU”

Todo gran esfuerzo nos brinda
un gran logro.

A DIOS

*Por los enormes regalos que me ha dado
Nancy, mis padres, mis hermanos y todas aquellas personas que
tengo la fortuna de conocer,
pero principalmente
por la vida.*



CONTENIDO

1. <i>Introducción</i>	1
2. <i>Antecedentes</i>	7
3. <i>Hipótesis</i>	11
4. <i>Objetivos</i>	12
5. <i>Metodología</i>	12
5.1 <i>Obtención de los organismos</i>	12
5.2 <i>Condiciones de mantenimiento</i>	12
5.3 <i>Fertilización y separación de las hembras</i>	12
5.4 <i>Preparación del alimento</i>	12
5.5 <i>Periodo de experimentación</i>	12
5.6 <i>Registro de datos</i>	12
5.7 <i>Análisis estadístico</i>	13
6 <i>Resultados</i>	14
7 <i>Discusión</i>	18
8 <i>Conclusión</i>	22
9 <i>Bibliografía</i>	23
10 <i>Apéndice</i>	27

1 INTRODUCCIÓN

La palabra acuicultura etimológicamente quiere decir, "Cultivo del agua", definición que puede resultar pobre, ya que el término implica el uso de diversas técnicas para el cultivo racional y controlado de animales acuáticos (peces, crustáceos, etc.) (Secretaría de Pesca, 1986).

La practica de la acuicultura no se limita solamente al cultivo de organismos para el consumo humano, ya que en la última década, se ha fomentado dentro del mundo de la acuarofilia la realización de cultivos con peces de ornato.

Se tienen registros de que la acuicultura se inició en China aproximadamente 450 años antes de cristo (a de C.) donde un militar llamado Fan li elaboró un cultivo de tipo rural; en el siglo XIV, en Europa los monjes capturaban huevas de peces, los llevaban a sus monasterios y hacían que el desarrollo de estos fuera concluido en sus respectivos templos. Algunos de los primeros cultivos realizados en nuestro país fueron con la introducción de la Carpa Común (*Ciprinus carpio*) y Trucha Arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*), especies con las que se dio inicio formalmente el cultivo extensivo de peces en México.

Para poder cultivar una especie es necesario conocer su biología, la cual podemos numerar en 5 fases:

1. Periodo de desarrollo embrionario
2. Periodo larval
3. Periodo de inmadurez
4. Periodo de reproducción
5. Periodo de senectud

Para que un organismo logre cumplir estas cinco etapas con éxito es necesario que tenga una buena alimentación, condiciones óptimas de los parámetros fisicoquímicos, ya que se sabe que los organismos acuáticos necesitan de un requerimiento energético solo para tres fines:

- a. Mantenimiento del organismo
- b. Crecimiento
- c. Reproducción

Actualmente una de las técnicas empleadas dentro de la acuicultura es la utilización de hormonas, principalmente en aquellos organismos donde su desarrollo sexual es muy rápido, como el caso de la tilapia; debido a experiencias se sabe que al mantener en los estanques a estos organismos, logran un desarrollo mas rápido de la gónada antes de conseguir una talla comercial, así estos peces se comenzaban a reproducir provocando una sobrepoblación y un déficit de oxígeno disuelto en los estanques. Este problema se resolvió empleando

hormonas para que la población en general lograra un comportamiento similar no importando que sean hembras o machos.

En cuanto a los peces de ornato, la utilización de hormonas no se ha visto esperar ya que actualmente se utilizan principalmente la Testosterona y sus derivados (hormona masculina o de machos), ya que se ha observado que la aplicación de estos esteroides inducen el desarrollo estructuras accesorias típicas de los machos como un mayor crecimiento de las aletas, colores mas vistosos e inclusive el comportamiento también se ve afectado.

La comunicación entre los diferentes órganos y/o sistemas en un organismo vivo, requiere de la participación de diferentes mensajes o misiones en respuesta a las necesidades o requerimientos de otras células. Una forma de establecer la comunicación inter e intra-celular es por medio de moléculas portadoras de estos mensajes, que pueden no solo actuar a distancia del sitio en el que se originan, sino que también puedan ejercer efectos locales en las mismas células donde han sido sintetizadas o inclusive en células adyacentes, realizándolo mediante procesos de difusión. Estos mensajeros químicos son las hormonas, que son producidas y secretadas por las diferentes glándulas que constituyen el sistema endócrino (Flores, 1995).

En el esquema 1 se muestra como los factores ambientales son esenciales para lograr un estímulo en el sistema nervioso y el eje endocrinológico.

La acción de las hormonas es extraordinariamente relevante, ya que incide en funciones biológicas vitales; como el crecimiento, desarrollo y reproducción; asegurando la perpetuación de la especie.

Químicamente las hormonas se pueden dividir en cuatro categorías:

CATEGORÍA	LUGAR DE SECRECIÓN
Péptidos	Lóbulo anterior de la hipófisis
Esteroides	Corteza suprarrenal y Gónadas
Yodotirodinas	Tiroides
catecolaminas	Médula suprarrenal

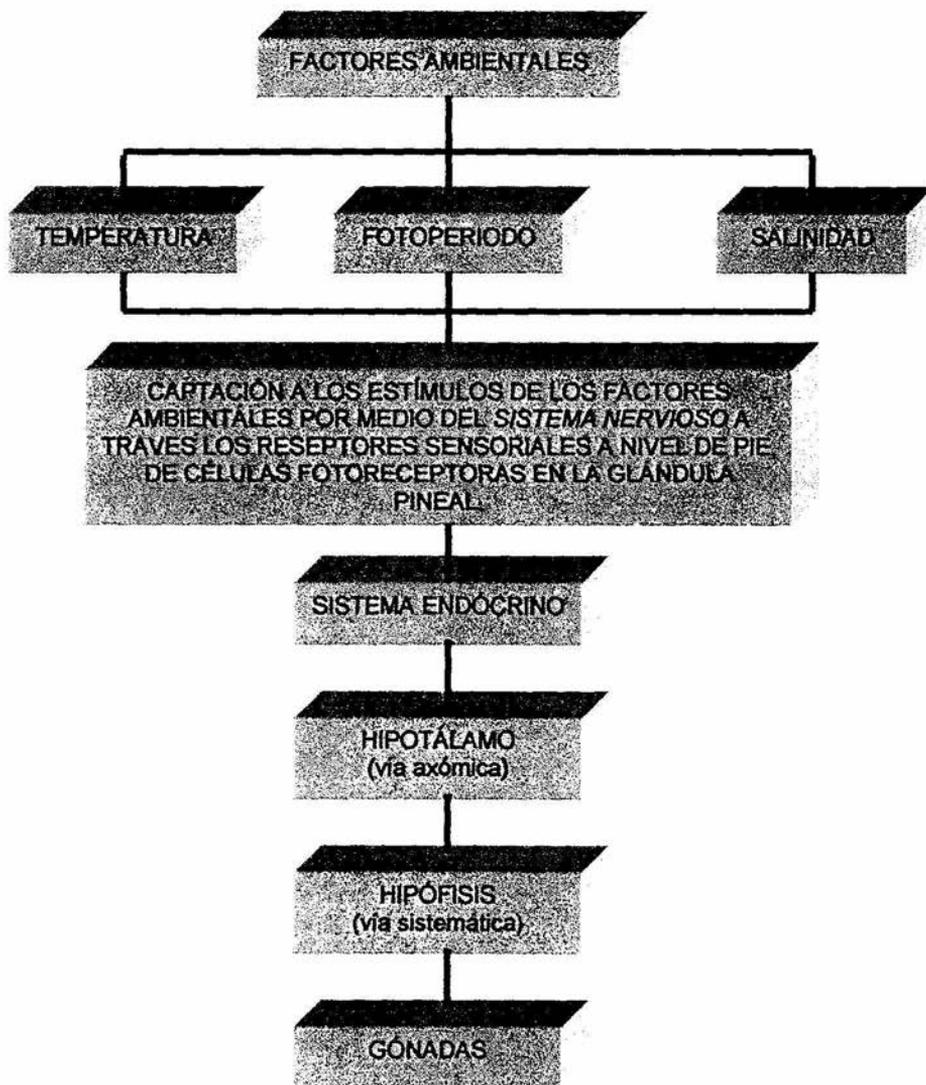
Elaborado en base a Jubiz (1996).

Las hormonas de tipo esteroideo requieren de una serie de reacciones enzimáticas a partir de un precursor común, denominado colesterol.

Dentro de este tipo de hormonas se encuentran los llamados Andrógenos cuyo mecanismo de acción reside en la relevancia que adquieren las conversiones metabólicas de las hormonas a nivel de sus células blancas, en la expresión de la actividad biológica (Flores, 1995). Dentro de los andrógenos destaca la testosterona, que interviene en la diferenciación sexual, desarrollando los caracteres sexuales secundarios como estructuras ornamentales y comportamiento.

La síntesis de los esteroides es similar en las tres glándulas que los producen (ovario, testículo y corteza suprarrenal), cuyo origen embrionario es la cresta germinal. Solo existen diferencias cuantitativas en la biosíntesis de estos esteroides, pero la diferencia cualitativa es idéntica entre ellos (Labahrt, 1990).

En el esquema1 se muestra como los factores ambientales logran estimular al sistema nervioso de los organismos.



Esquema 1 Eje endocrinológico de los vertebrados en base a Zanuy (1987).

El hipotálamo es el encargado de regular la secreción de algunas sustancias como las hormonas. Es la parte del diencefalo situada en el piso del tercer ventrículo. Es una estructura compleja y tiene varias acciones neurales, algunas conductuales como el comportamiento sexual (Flores, 1995).

La diferenciación de un sexo a otro no solo radica en las gónadas, si no también en diversas estructuras que se van desarrollando conforme el organismo va creciendo (mayor crecimiento de las aletas y mayor colorido principalmente). Cuando un organismo es genotípicamente de un sexo (ZZ ó ZW en el caso de los peces) y si logramos ya sea utilizando una hormona o no, logramos que fenotípicamente desarrolle las características del sexo contrario, es llamada "Reversión sexual".

En la actualidad la reversión sexual se lleva a cabo utilizando hormonas de diversas maneras:

- 1) Inyección intramuscular
- 2) Suministrar la hormona por medio de las dietas
- 3) Disolver la hormona en el medio

Todos estos procedimientos han tenido resultados satisfactorios sin despreciar a alguno de los tres, pero el más utilizado de los tres es el número dos (suministrar la hormona por medio de las dietas).

En la actualidad la acuarofilia o la colección de peces de ornato ha crecido muy rápido, ya que son muy vistosos aquellos organismos llamados tropicales, dando como consecuencia que las personas queramos tener en casa aquellas especies que más nos gusten, abriendo gracias a este gusto, un mercado muy grande para la venta de especies en el ámbito nacional como el internacional.

Gracias al *Acuarismo* se ha conocido la biología de algunas especies de peces ya que es necesario conocer las condiciones climáticas, ambientales, ciclos de vida, tipo de alimentación, etc., para poder tenerlos en casa, sin conocer estas características ocurriría la desfortuna de que los organismos perecieran constantemente. Por tal motivo la acuicultura en peces de ornato es primordial para saber más acerca de estos organismos, dando así la consecuencia de que vaya en aumento el número de investigaciones en peces.

Sistemática en base a Álvarez (1970)

Phyllum

Chordata

Subphyllum

Vertebrata

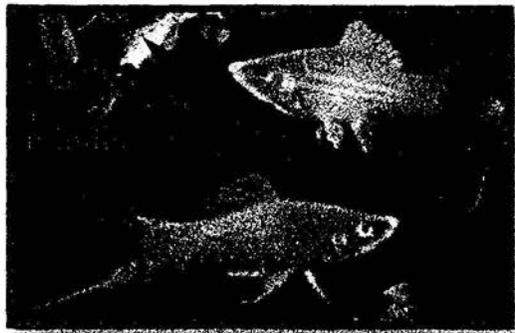
Clase

Osteichthyes

Subclase	<i>Actinopterygii</i>
Suborden	<i>Cyprinodontoidei</i>
Familia	<i>Poeciliidae</i>
Género	<i>Xiphophorus</i>
Especie	<i>Xiphophorus helleri</i> (Heckel 1848)

En el año de 1840 el gobierno del imperio Austro-Húngaro mandó al botánico Carlos Sëller a México, con la misión de recolectar diversos ejemplares vegetales para el jardín botánico de Viena, en su viaje al pasar por el estado de Veracruz Sëller no solo se dedicó a coleccionar plantas, si no que también coleccionaba pequeños animales terrestres y acuáticos, a su paso por Orizaba, Heller coleccionó en un río peces que eran desconocidos en Europa mandándoselos al Dr. Jacob Heckel quien era el encargado en todo el continente Europeo en la clasificación y nomenclatura de todos los peces, denominando así una nueva especie con el nombre de *Xiphophorus helleri* (portador de la espada de Heller), así México aportaba al mundo una nueva especie que actualmente es considerado como un clásico dentro del mundo del acuarismo. Años más tarde un señor llamado Seth E. Meek proveniente del museo de historia Natural de Chicago realizó nuevas expediciones en nuestro territorio encontrando y fotografiando nuevas especies que causaron tal revuelo en EE.UU. y Europa que muchos de los comerciantes hacían varios encargos de especies de peces mexicanos para ser revendidos en sus tiendas, es así que mientras México esperaba un renacimiento por la crianza de peces, estos ya habían causado furor en el extranjero dando la vuelta por el mundo entero (Aguirre, 1993).

Un dato curioso que menciona Aguirre (1993) es que el primer embarque de *Xiphophorus helleri* que llegó a EE.UU. era proveniente de Alemania y no de su país de origen su más cercano vecino (México).



Este pez es originario de México y Guatemala; los radios inferiores de la aleta caudal de los machos se prolongan en forma de espada. En la especie silvestre el dorso es de color verde oliva, flancos de color verde amarillento, abdomen amarillo; una banda longitudinal roja con un estrecho borde brillante, subrayado a su vez por una delgada orla de color rojo, se dispone a todo lo largo del cuerpo; la "espada" está en general de tonalidad naranja, bordeada de negro. Se conocen numerosas variedades como la naranja (variedad que será estudiada en la presente tesis), que conserva las mismas características que la silvestre pero a diferencia radica en que el color verdoso del cuerpo en este caso es de color naranja. Esta especie vive en grupos pequeños, con un solo macho por grupo.

Los organismos de esta especie presentan un dimorfismo sexual bien marcado, los machos son más pequeños que las hembras (8 cm sin contar la espada) y tienen una espada en la cola. En el macho su aleta anal se ha transformado en un órgano copulador llamado gonopodio. En cambio las hembras son más grandes (12 cm) y carecen de espada. Otra de las principales características radica en que la hembra tiene la capacidad de autofecundarse, ya que logra almacenar un paquete de espermatozoides dentro de un saco denominado espermateca, que permite a la hembra hacer uso de los espermatozoides que se encuentren dentro para fecundarse.

Estos organismos se encuentran en condiciones naturales a Temperaturas que oscila entre $24^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, el agua en la que habitan tiene un pH que va de 7.2-7.4, con una dureza de 10-20, la iluminación es muy intensa por tal motivo viven en aguas claras, los podemos encontrar en aguas con abundante vegetación ya que son principalmente omnívoros. Los ubicamos principalmente en ríos y arroyos de la Cuenca del Balsas (Álvarez, 1970).

El poder mantener estos organismos en cautiverio es muy sencillo, basta con tener constante la temperatura dentro del acuario ($25 \pm 1^{\circ}\text{C}$), un pH inclusive del agua corriente cuya dureza puede variar considerablemente, dependiendo la ubicación del lugar en el que nos encontremos. Esto es debido a que este organismo no es de muchos cuidados y tampoco delicado para su mantenimiento en cautiverio.

Para poder llevar a cabo y con éxito la reproducción en cautiverio, es recomendable poner de 5 a 7 hembras con un solo macho, ya que al existir dos de estos últimos, entrarían en disputa para mantener el control del grupo y poder reproducirse con las hembras, siendo muy probable que en el transcurso de la pelea uno de ellos llegara a perecer.

2 ANTECEDENTES

Gannan y Lovenn en 1990, hicieron un trabajo de efectos de la 17-alfa-metiltestosterona, 11-cetosterona, 17-beta-estradiol y 3,5,3 tridutironina en *Ictalurus punctatus*. Para realizar dicha investigación se utilizó 17-alfa-metiltestosterona, 11-cetosterona, 17-beta-estradiol y 3,5,3 tridutironina en pez gato durante un periodo de 12 semanas por medio de las dietas, obteniendo los siguientes resultados: en los organismos expuestos a la 17-alfa-metiltestosterona redujeron su peso, los expuestos a la concentración más baja de 11-cetosterona se observó que su peso aumentaba, en el caso de la 3,5,3 tridutironina en sus concentraciones más bajas mejoraron el crecimiento en el salmón, mientras que en el barbo el crecimiento no fue afectado a diferencia de los testículos ya que estos se desarrollaron con mayor rapidez encontrándose diferencias significativas en los organismos alimentados con 17-alfa-metiltestosterona y 11-cetosterona notándose directamente en los túbulos seminíferos, ya que se observó un agrandamiento y la existencia de más espermatozoides, lo cual indica un avance en la actividad testicular. En cuanto al espermatozoide los autores indican que son normales aparentemente al igual que los testículos.

Piterrer y Donaldson en 1992 realizaron un trabajo de comparación en la eficiencia de feminización de andrógenos sintéticos y naturales en *Oncorhynchus tshawytscha*, esto lo realizaron de la siguiente manera. Obtuvieron los huevos ya fertilizados en una granja privada, posteriormente fueron aclimatados en los estanques de crecimiento, una vez que los alevines comenzaran a salir del cascarón se comenzó a hormonar el agua en la que se encontraban las crías a distintas concentraciones durante un periodo de 5 meses, teniendo como resultados que a una concentración de 400 mg/l se obtuvo un porcentaje del 97.6 de hembras en la población y doblando el tiempo de la aplicación del tratamiento se obtuvo el 100%, en el caso de, etindilestradiol se observó que era muy potente ya que se obtuvieron el 100% de hembras pero mientras más largo era el periodo de la exposición al tratamiento fueron disminuyendo el número de hembras donde se piensa que pudo existir un grado de toxicidad motivo por el cual el número de hembras disminuía.

En la industria del acuacultura, ha existido recientemente un interés muy considerable, en la administración oral de hormonas por tal motivo Pelissero y Supter en 1992 realizaron una revisión donde aplicaron esteroides en dietas de peces, esta investigación está enfocada principalmente a los fabricantes de comida, granjeros del pez y científicos ya que nos muestran los riesgos potenciales de usar ciertas fuentes de proteína de verdura o comida del pez que contienen un componente gonadal excesivo (hormonas) en dietas.

A).-Kavumpurath y Padian en 1993 llevaron a cabo una masculinización en *Poecilia reticulata* con la administración de andrógenos sintéticos en hembras grávidas. La forma en la que se suministró la hormona fue mediante las dietas durante un periodo de 5 a 24 días antes del nacimiento de las crías, obteniendo

como resultados que las poblaciones donde se obtuvieron machos fueron aquellas con androsterona, 19-nor-etiniltestosterona con dosis de 200, 300 y 500 mg/kg, en el caso de la 19-dimetiltestosterona produjo una reversión incompleta, pero a dosis altas (400 mg/kg) se observó que se incrementa la mortalidad concluyendo así que la androsterona fue la hormona más eficiente para la reversión sexual obteniendo la máxima supervivencia y funcionalidad.

B).-Kavumpurath y Padian en 1993 publicaron un trabajo donde obtuvieron hembras guppy (*Poecilia reticulata*) YY, suministrando andrógenos sintéticos como la androsterona, 19-nor-etiniltestosterona y 19-dimetiltestosterona, aplicándolo a distintas concentraciones (200,300 y 500 mg./kg.) en hembras grávidas durante un periodo de hasta 24 días. Obteniendo con esto crías YY de los grupos experimentales cuyo tratamiento fue androsterona.

En 1993 los investigadores Ya-Xiong Tao, Hao-Ren Lin, Glen Van Der Kraak y Richard E. Peter publicaron un artículo en el cual evalúan los efectos de la hormona sGnRH-A en combinación con la domperidona (DOM). Encontrando como resultados que la combinación de estos dos tratamientos se obtenían una inversión sexual efectiva, los niveles de testosterona y los niveles de 17β estradiol se encontraban en bajas concentraciones que podrían ser comparadas a las que se determinaron en los machos en condiciones normales. Aquellos organismos que fueron sometidos con el tratamiento DOM no obtuvieron resultados satisfactorios en cuanto a la reversión sexual pero tendió a inhibir el desarrollo ovárico. Concluyendo que la sGNRH es un factor importante en el proceso de reversión sexual.

Los investigadores Vera y Mair (1994) realizaron una estudio cuya hormona empleada fue la 17α metiltestosterona a una concentración de 40 y 60 mg/ kg de alimento, evaluando el crecimiento, proporción de sexo y la supervivencia obtenida por *Oreochromis niloticus*. Encontrando como resultado que el andrógeno empleado no tenía efecto significativo en el crecimiento y supervivencia durante el periodo de tratamiento y las proporciones de sexo obtenidas eran de un 98.4% de machos en la primera concentración, en cuanto a la segunda se observó que la eficacia de la inversión sexual fue mayor, el porcentaje de machos fue superior (99.4%) pero el crecimiento y la supervivencia era menor.

Santandeur y Díaz en 1994 publicaron un investigación en la observación de los trabajos de la 17-alfa-metiltestosterona en el crecimiento y excreción del nitrógeno en *Oncorhynchus masou*. Esto lo realizaron de la siguiente manera: se suministro 17-alfa-metiltestosterona durante 84 días, las dietas complementadas con 0, 1, 1.0, 3.0 y 7.0 mg/kg de 17alfa-metiltestosterona con el fin de detener el crecimiento y excreción de nitrógeno, obteniendo como resultado que el incremento en el peso y longitud fue influenciado significativamente por las dosis de 17-alfa-metiltestosterona suministradas, ya que a finales del estudio se obtuvo ganancia en el peso y la longitud del salmón, de acuerdo a la concentración que se daba; llegando a la conclusión de que con la concentración de 17-alfa-



metiltestosterona la excreción del amoníaco reduce y la retención de nitrógeno aumenta en *Oncorhynchus masou* y además hace pensar en una reducción en la degradación de proteínas en el cuerpo.

Gomelsky *et al*, en 1994 llevaron a cabo una inversión sexual en *Cyprinus carpio*. Para realizar el presente trabajo se utilizaron acuarios de 120 litros empleando como hormona a la 17-metiltestosterona impregnada en la dieta, obteniendo como resultado que en los grupos sometidos al tratamiento se observó un porcentaje de machos de hasta un 96.6 % donde los testículos eran a una edad de 6 meses normal a comparación de aquellos que no habían recibido tratamiento.

En 1995 Pandian y Sheela realizaron una revisión de los estudios elaborados en reversión sexual inducida por hormonas observándose que se han llevado a cabo diversos trabajos en 47 especies (15 familias), mencionando que a concentraciones altas es más factible lograr la reversión entre los grupos de peces pertenecientes a Cichlidae, Cyprinodontidae, Anabantidae, Poeciliidae, Salmonidae y Cyprinidae. Las hormonas más empleadas son la 17- β estradiol y la 17 α metiltestosterona. Los métodos más comunes para la suministración de las hormonas son por medio de la dieta y disuelta en el medio.

Los autores mencionan que los organismos vivíparos requieren de dosis más altas cuando las hembras se encuentran grávidas, como el caso de *Poecilia reticulata* cuya concentración de 17 α metiltestosterona es de 400 mg por kg en un periodo de 7-8 días antes del parto, mencionando que Dzwillo en 1966 obtuvo una masculinización del 100% con un tratamiento de 8 días de duración. Kavumpurata y Pandian (1992) lograron en hembras grávidas de *P. reticulata* una reversión sexual y una inducción a una concentración de 300 mg de 17 β estradiol /kg de alimento para lograr una feminización segura.

Así mismo los autores elaboraron un cuadro donde nos muestran que la Testosterona en forma natural no ha sido empleada más que en Salmonidae y Cichlidae. Y la única hormona de origen natural empleada en estudios en Poecilidos es la Androstenediona.

En 1995 Strüssmann, Takashima y Toda publicaron un artículo en el cual se utilizó *Odontesthes bonariensis*, empleando la 17 β estradiol a concentraciones de 20 y 50 mg/kg de alimento durante un periodo de 28 a 105 días. En el estudio realizado se observó que el periodo crítico en la determinación del sexo en pejerrey ocurre entre 28 una 49 días logrando una eficacia de 100% de hembras.

Márquez en 1999 realizó una investigación de reversión sexual en *Xiphophorus helleri* utilizando a 17 α metiltestosterona y el dietilstilbestrol en las dietas, para determinar los tiempos óptimos para la obtención de poblaciones de un solo sexo, definiendo el efecto causado en las crías, por las hormonas empleadas, así como la identificación de los caracteres sexuales secundarios durante la pubertad y la

etapa adulta y detectar el efecto causado por las hormonas en las gónadas y en la morfología externa de las hembras preñadas.

Como se observa en las investigaciones realizadas a lo largo de la utilización de esta técnica se han empleado principalmente carpas, tilapias y truchas, para el consumo humano y en el área ornamental se han estudiado dos especies de las cuales destaca *Poecilia reticulata*.

Por tal motivo el presente trabajo se enfoca en realizar la reversión sexual en *Xiphophorus helleri*. Ya que se dice que este es uno de los mejores peces vivíparos debido a su fácil reproducción, mantenimiento y manejo. Además se sabe que este pez es altamente cotizado en el mercado Europeo ya que por el macho suele pagarse de 15-18 dólares y por la hembra 10-12 dólares dando buenas ganancias a aquellas personas que comercian con esta especie.

3 Hipótesis

Si la testosterona es un estimulante para el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios, entonces la administración de esta por medio del alimento producirá un desarrollo de los caracteres secundarios masculinos en las hembras a las cuales se les ha administrado.

4 Objetivos

Determinar cual de las concentraciones de testosterona es la más adecuada para llevar a cabo una reversión sexual en *Xiphophorus helleri*.

Determinar con cual de las concentraciones de testosterona se desarrollan mas rápido y con mayor eficiencia las características sexuales secundarias.

Determinar si la testosterona provoca algún efecto en el número total de crías obtenidas.

5 Metodología

5.1 Obtención de los organismos:

Para realizar la presente investigación se utilizaron 45 individuos (36 hembras y 9 machos), de la misma edad y verificando que se encontraran en condiciones buenas de salud.

5.2 Condiciones de mantenimiento:

Los organismos (controles y experimentales) fueron sometidos a condiciones controladas de temperatura ($25 \pm 1^\circ\text{C}$), aeración constante, pH (8.2 ± 1) y fueron depositados en acuarios de 100 litros de capacidad, esto con la finalidad de que las condiciones medioambientales fueran las mismas y así evitar que alguno de estos factores influyera de manera distinta en los resultados obtenidos.

5.3 Fertilización y separación de las hembras:

Una vez obtenido el lote experimental se colocaron un número total de 12 hembras con 3 machos (por triplicado), durante un periodo de 20 días, esto se realizó para que estos últimos fecundaran a las hembras y así poder determinar si hubo una disminución en el número de crías obtenidas, una vez pasado dicho periodo de tiempo se colocaron las hembras por separado en distintas peceras (1 por cada hembra) sometidas a las mismas condiciones ambientales y calidad del agua (Temperatura, luz, pH, agua corriente, etc.), una vez colocadas en sus respectivas peceras fueron divididas en tres grupos experimentales y un control.

5.4 Preparación del alimento:

Para hormonar el alimento se utilizó testosterona obtenida de un medicamento llamado **Primoteston® Depot** (solución inyectable) de los laboratorios Schering. El método de preparación fue de acuerdo al utilizado por Márquez (1999).

5.5 Periodo de experimentación:

Una vez obtenidas la primer camada de crías, los distintos grupos experimentales fueron sometidos a las concentraciones designadas (A: 10 mg., B: 12.5 mg. y C: 15 mg. y D Grupo control) durante todo el periodo de gestación, hasta obtener la segunda camada de crías.

5.6 Registro de datos:

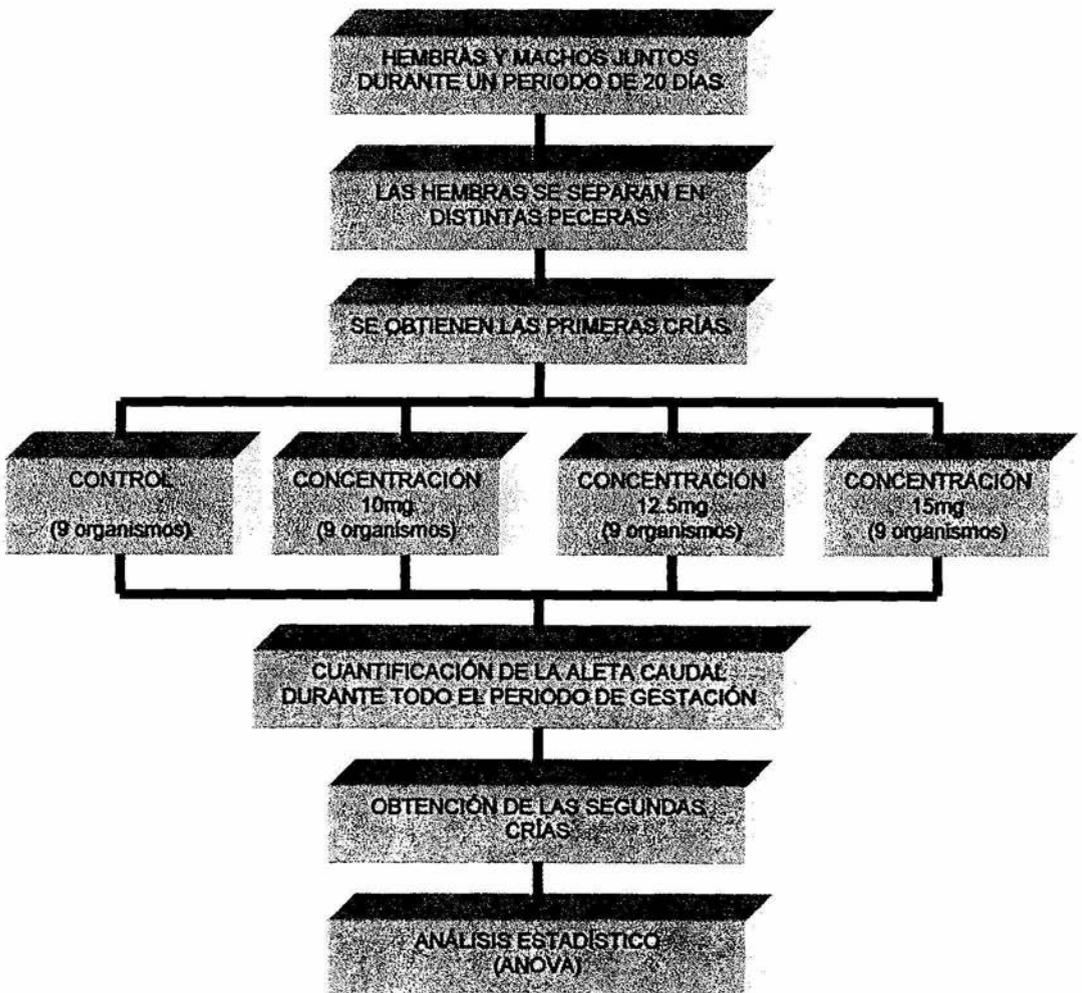
Una vez iniciado el tratamiento se tomaban medidas de la aleta caudal cada 8 días, así como de la espada (en caso de que se desarrollara). En cuanto al número total de crías se evaluó de la siguiente manera: se contó el número total

de crías obtenidas en la primera camada y el número total de crías en la segunda, valorando así si hubo un descenso o ascenso en el número total de crías obtenido.

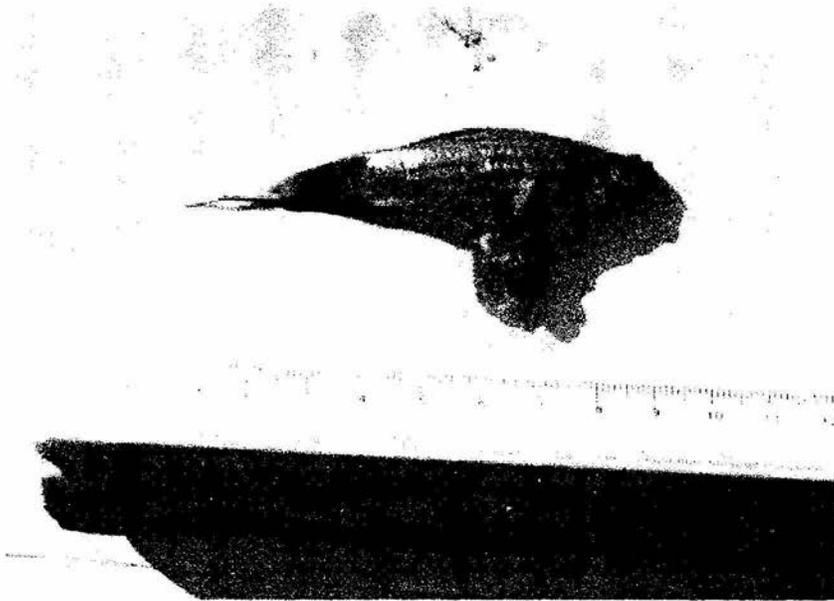
5.7 Análisis estadístico:

El análisis estadístico empleado para los resultados arrojados de la presente investigación fue un ANOVA de 1 y 2 factores (Wayne, 1993) utilizando la prueba de Tukey.

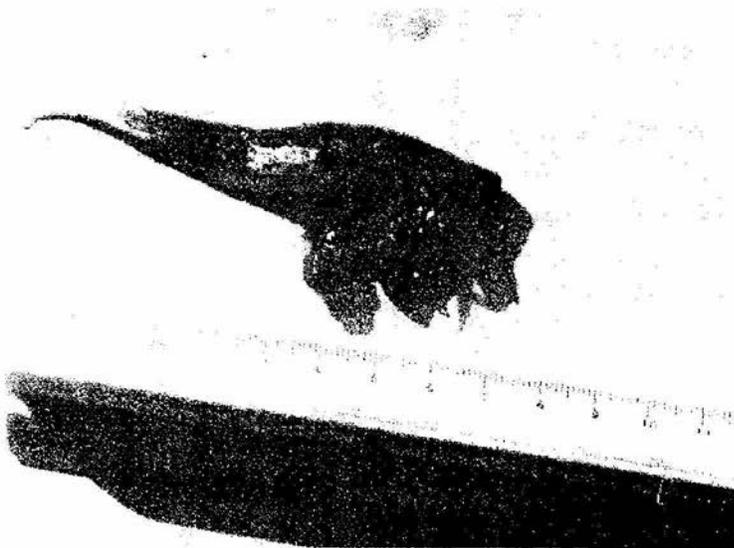
En el esquema 2 se muestra esquematizada la metodología empleada para la realización de la presente investigación.



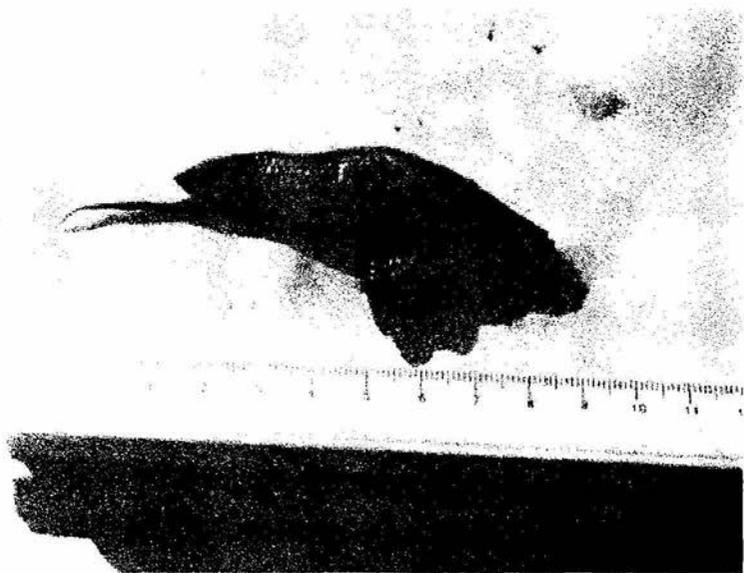
Esquema 2 (ilustración de la metodología).



Se muestran los efectos provocados por la hormona a una concentración de 10 mg.



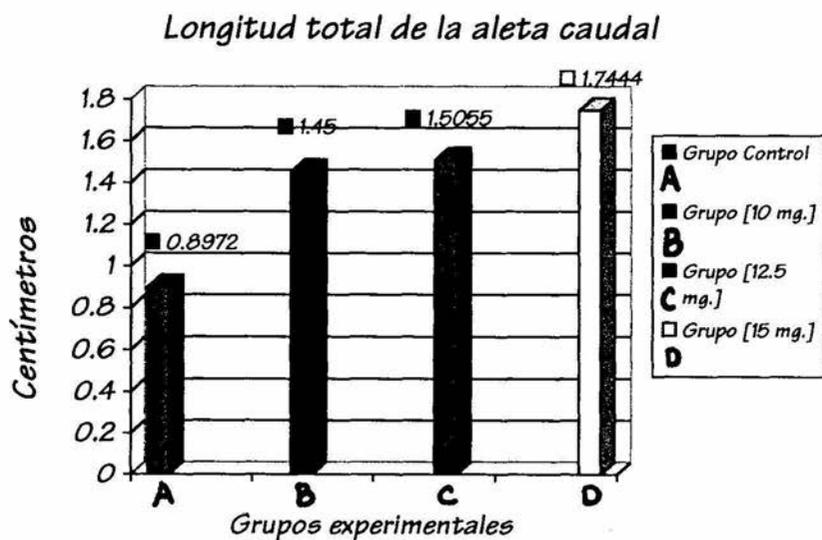
Obsérvese el crecimiento de la espada a una concentración hormonal de 12.5 mg.



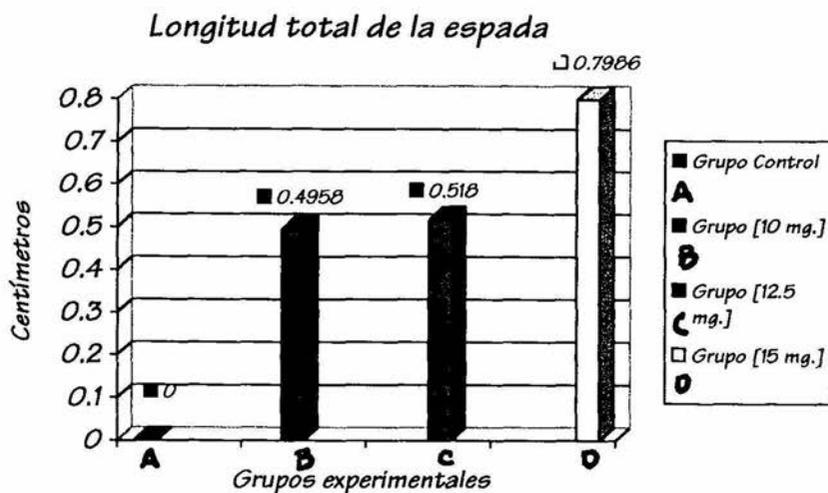
Nótese los efectos causados por la hormona a una concentración 15 mg.

6 Resultados

Los resultados obtenidos son los que se presentan a continuación.



Grafica 1



Gráfica 2

Como se puede observar en la gráfica 1, aquellas hembras a las que se les fue suministró la testosterona presentan cambios en sus caracteres sexuales secundarios, es decir, estas presentan un alargamiento de los radios de la base de la aleta caudal, los mismos que presentan los machos para formar la espada, modificando la longitud total de la aleta caudal y dando una apariencia fenotípica de macho.

Es importante mencionar que las hembras tratadas con la testosterona manifestaron la presencia de la espada en los primeros 8 días, como se muestra en la gráfica 2, a diferencia de las pertenecientes al grupo control que no recibieron ningún tratamiento, las que presentaron un desarrollo mas rápido fueron aquellas que recibían una concentración mayor (15 mg.) que las demás. Las hembras sometidas a la concentración de 12.5 mg. de testosterona mostraron un crecimiento final de la espada mayor que aquellas que recibían una concentración de 10 mg.

En cuanto al número de crías obtenidas se logra observar en el cuadro que se muestra a continuación:

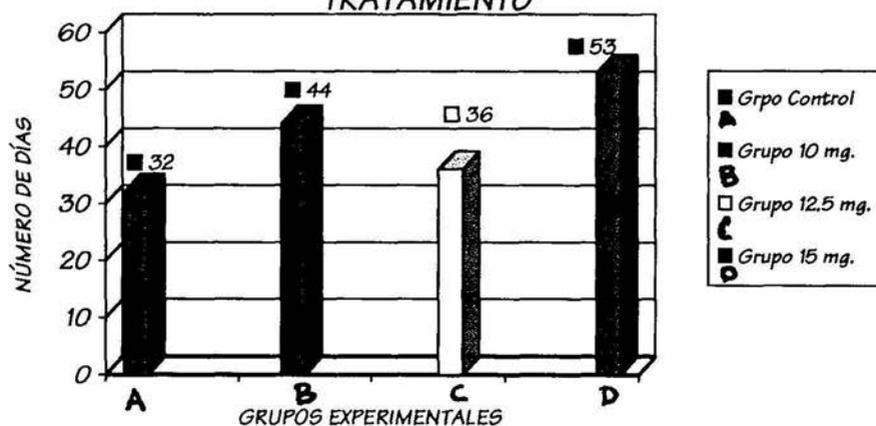
GRUPOS	CONCENTRACIÓN DE 10 mg.	CONCENTRACIÓN DE 12.5 mg.	CONCENTRACIÓN DE 15 mg.	GRUPO CONTROL
# DE LAS PRIMERAS CRÍAS	18	21	19	19
# DE LAS SEGUNDAS CRÍAS	14	18	11	18
% DEL DEFICIT	22%	14%	42%	5%
PERIODO DE GESTACIÓN	44 DÍAS	36 DÍAS	53 DIAS	32 DIAS

Nota: el número total de crías mostrado es promedio.

Como se muestra en la tabla en el grupo de la concentración más alta se observa que el periodo de gestación y el % del número de crías es mayor que las concentraciones mas bajas, pero en el caso de los organismos sometidos a la concentración intermedia es mayor el número de crías y el % es menor que los que fueron sometidos a la concentración de 10 mg.

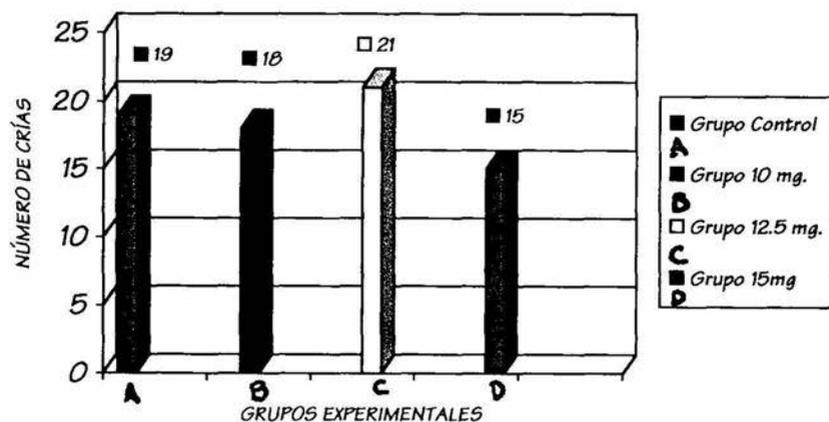
En la grafica 3 que se muestra a continuación se puede observar lo que se mencionó anteriormente.

PERIODO PROMEDIO DE GESTACIÓN DURANTE EL
TRATAMIENTO



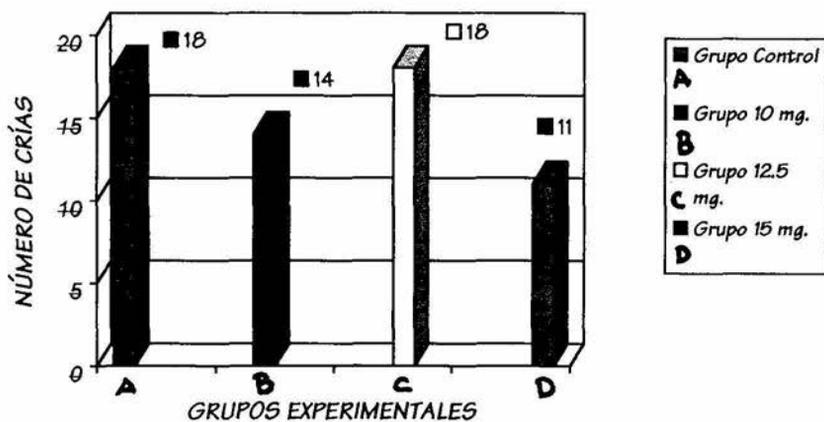
Gráfica 3

NÚMERO DE CRÍAS DE LA PRIMERA CAMADA



Gráfica 4

NÚMERO DE CRÍAS DE LA SEGUNDA CAMADA



Gráfica 5

Comparando la gráfica 4 y 5 podemos observar que el número de crías disminuye, principalmente en las hembras sometidas a concentraciones de 15 mg, así mismo se muestra un descenso mayor en las crías obtenidas, en las hembras sometidas a una concentración de 10 mg que en la de 12.5 mg.

7 Discusión

Para realizar la presente investigación era necesario trabajar con una especie de pez que cubriera varias características como: un marcado dimorfismo sexual, reproducción vivípara, una fácil adaptación a condiciones de laboratorio, que sea un pez nativo de México, que su distribución sea amplia, y que fueran fáciles de conseguir. Por tales características fue seleccionada esta especie, cuya variedad fue la naranja debido a que suele ser mas atractiva que la silvestre o también llamada verde, siendo un modelo ideal para realizar inducción sexual utilizando hormonas.

La hormona empleada no fue "sintética", siendo el primer trabajo que se realiza con hormonas naturales para la reversión sexual en un Poeciliidae.

Como es sabido la testosterona tiene varias funciones: mejora la libido y estimula el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios en los machos, entre otros. Así mismo cuando es suministrado por vía oral, tiende a retrasar el catabolismo, o fomentar la actividad androgénica (dependiendo de la concentración) de este compuesto en el organismo (Flores, 1995).

Para determinar las dosis a tratar se realizó una investigación bibliográfica para saber cuales eran las más empleadas y las más adecuadas. En tilápias se ha reportado la utilización de dosis de 300 mg/kg en la dieta en periodos de 25 a 180 días, en el caso de *Xiphophorus helleri* se han utilizado concentraciones de 5,7.5,10,12.5 mg/kg, con respecto a estas últimas concentraciones se determinó trabajar con la de 10, 12.5 y con 15 mg/kg.

Como ya se sabe las hormonas endócrinas no actúan en su lugar de producción, sino, que son secretadas al torrente sanguíneo, de este modo logran alcanzar rápidamente su órgano efector.

De acuerdo a Labhart (1990), las hormonas se inactivan en el torrente sanguíneo y a pesar de que la vida media es variable como en el caso de la insulina, que solo puede ser de unos cuantos minutos, y de la testosterona que es de varias horas, adquieren nuevamente su forma activa cuando encuentran su sitio de acción, así mismo comienza la respuesta fisiológica. La interacción entre la molécula-hormona y su lugar receptor a nivel de la célula efectora pone en marcha una señal o estímulo que logra transmitir y acoplar a una etapa reguladora de una vía metabólica específica.

Se sabe gracias a Jubiz (1996) que la testosterona producida por las células de Leydig, circula por la sangre de una manera fija en la Albúmina en un 68%, mas sin embargo es convertida en dihidrotestosterona por la 5 α -reductasa, presente en el citoplasma y en la membrana nuclear, en otros tejidos se fija en un receptor citosólico y transmite su acción androgénica. Después según el tejido, la testosterona o dihidrotestosterona o ambas se fijan a un receptor citoplásmico de

alta afinidad, luego este complejo se transfiere hacia el núcleo celular, fijándose en la cromatina dando como resultado la síntesis del RNA formando androstediol a partir de la dihidrotestosterona.

Así mismo la hormona al ser ingerida por el organismo pasa en un principio al tracto digestivo, donde posteriormente es absorbido y transferida al torrente circulatorio, siendo captada por su receptor ubicado en el citoplasma o membrana celular de los órganos blanco, para ser llevada a la cromatina formando androstediol y actuando de esta manera en el organismo. Tal y como se muestra en el diagrama 3.

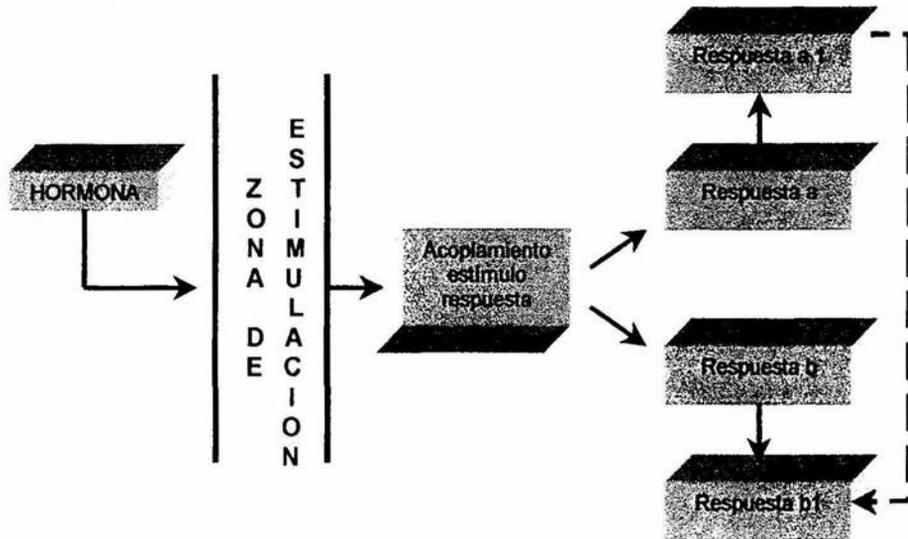


Diagrama 3. Esquema general de los procesos celulares que siguen al enlace del receptor hormonal (unión entre receptor y hormona).

Como se muestra en las graficas 1 y 2, con la testosterona se obtuvieron efectos sobre las características sexuales secundarias, es decir, aquellas hembras que fueron tratadas mostraron un desarrollo de sus radios inferiores de la aleta caudal, este efecto se observa con mayor eficiencia en las hembras tratadas con la dosis mayor, la dosis intermedia mostró un efecto mayor en cuanto al crecimiento alcanzado en comparación a los resultados obtenidos de los tratados con la dosis de menor concentración, en el caso de las hembras del grupo control se denoto la carencia del crecimiento de dichos radios.

En base a los resultados y todo lo anterior podemos decir que la mayor concentración de testosterona suministrada a los organismos, puede saturar mas rápidamente el torrente sanguíneo con dicha hormona, actuando con mayor rapidez y así tener un efecto mayor en el organismo, a diferencia de la menor

concentración de testosterona, que podemos observar el mismo efecto en el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios, pero se nota que este efecto es mas tardado, esto puede deberse a que las concentraciones de la hormona son menores y a que no se encuentra saturado el sistema circulatorio y los receptores pueden actuar con mayor prudencia y aún el organismo logra controlar dicha concentración por medio de la degradación y excreción.

El órgano que tiene el papel mas importante en la inactivación de las hormonas esteroideas es el Hígado, ya que estas hormonas en otros órganos no es significativo este proceso; y si se tiene una mayor concentración hormonal en ocasiones no es suficiente la excreción por medio de este, ya que puede ser superado el nivel ingerido por el organismo que el que es empleado y desechado.

A través del análisis estadístico aplicado sobre la aleta caudal se observa que dado que la razón de varianza calculada (101.1260) es mayor que $F(2.64)$ podemos rechazar de esta manera la hipótesis nula de no efectos de tratamiento sobre la suposición de que dicho valor refleja el hecho de que los cuadrados medios de la muestra no están estimando la misma cantidad. Es decir que si existen diferencia significativas que demuestran los efectos causados por los tratamientos.

Con lo anterior podemos decir que los tratamientos aplicados si sufrieron un efecto en los organismos tratados.

El proceso de diferenciación sexual es un fenómeno complejo, con una secuencia de eventos precisos y con periodos de tiempos críticos comprendidos en tres etapas básicas sucesivas:

- a) El determinismo del sexo: este ocurre en el momento de la fertilización del óvulo.
- b) Desarrollo de las gónadas: evento que va precedido de acuerdo a la información genética del organismo (sexo gonadal).
- c) Diferenciación y desarrollo de las gónadas: este evento como su nombre lo indica es el desarrollo fenotípico de las gónadas (Labhart, 1990).

Puede ser que al someter a las hembras grávidas a altas concentraciones logren tener un efecto en la segunda y tercera etapa, e inclusive tengan efectos en el número de crías obtenidas como lo muestran los resultados.

En cuanto a los resultados obtenidos al número de crías se tiene que en el caso de las que estuvieron sometidas a la de mayor concentración sufrieron un alargamiento en el periodo de la gestación con una duración de 53 días, seguido por aquellos sometidos a la concentración del 10 mg/kg con una duración de 44 días, posteriormente la concentración de 12.5 mg/kg. con un periodo de gestación de 36 días, y por último se encontró el grupo control con un periodo de 32 días.

Observándose así un efecto de la testosterona en la duración del periodo de gestación de las hembras grávidas. Retrasando hasta un periodo del 16.96% en el caso de la mayor concentración y en el de menor concentración se observa un retraso del 14.08% y en el caso de la dosis intermedia (12.5 mg/kg) se mostró un retraso del 11.52% del periodo total de gestación, el cual fue tomado por los resultados del grupo control cuyo periodo de gestación es de 32 días aproximadamente.

Como es sabido en el periodo de gestación de cualquier organismo se desencadena una serie de reacciones hormonales, ya sean secretadas por las gónadas, hipotálamo, hipófisis, etc., se sabe que en la gestación la sangre venosa de la madre se encuentra a una concentración superior de lo normal de deshidroepiandrosterona permaneciendo inalterable durante todo el periodo gestante. Otros andrógenos como la testosterona y la androstenodiona también aumentan su concentración pero no sus efectos secundarios, debido a que no se fijan a ninguna proteína, es decir viajan solas, adquiriendo una propiedad de no efecto (Labhart, 1990), pero es muy probable que al suministrar un tratamiento con testosterona logre obtenerse algún efecto como lo muestran los resultados alcanzados en la presente investigación, efectos como un retraso en el periodo de gestación y número de crías conseguidas e inclusive podría darse en el sexo obtenido fenotípicamente y genotípicamente hablando.

Ya que se logra observar que a mayor concentración de la hormona se es mas visible un efecto. A pesar de que se sabe que en el periodo de gestación se acelera el nivel de desechos hormonales, siendo así posible que con la concentración de 10 mg se logre un efecto mayor que con la de 12.5 mg, es decir, que como la tasa metabólica se acelera es mas factible que se deseche con mayor rapidez la testosterona a concentraciones de 12.5 mg que a concentraciones de 10 mg, ya que esta última casi no altere los niveles normales, logrando un mayor efecto que la de 12.5 mg, a diferencia de la concentración de 15 mg que logra rebasar la tasa metabólica y así los índices de desechos, provocando un efecto mayor que la dosis de 10 mg.

Al mismo tiempo el número de crías se vio afectado por aquellos grupos que fueron sometidos a los efectos de la testosterona mostrando un mayor descenso en el número total de crías en el grupo de mayor concentración (15 mg/kg) seguido por el de menor concentración (10 mg/kg) y por último en el caso de concentración intermedia (12.5 mg/kg). Esto pudo deberse a la existencia de mayor concentración de la testosterona en sangre venosa, actuando como inhibidor en la gestación y el desarrollo de los organismos, provocando trastornos en el número de crías y en el buen funcionamiento del organismo, así con la menor dosis puede afectar las concentraciones normales de hormonas, a diferencia de la intermedia, como ya se mencionó anteriormente.

8 Conclusión

IZT.

- Con los resultados obtenidos se puede concluir que la testosterona suministrada en hembras de *Xiphophorus helleri* variedad naranja por medio del alimento causa un efecto en el crecimiento de la espada (característica secundaria única de los machos) tal y como lo muestran los resultados.
- La concentración con la que se desarrolla la espada con mayor rapidez es la de 15 mg/kg seguida por la de menor concentración (10 mg/kg) y por último la de concentración intermedia (12.5 mg/kg), es importante mencionar que en el caso del grupo control esta característica no se desarrolló.
- El número de crías fue menos afectado en aquellos organismos cuya concentración es de 12.5 mg/kg, seguido por la de 10 mg/kg y por último en la de 15 mg/kg.
- En cuanto a determinar cual de las concentraciones es la mejor, es importante tomar en cuenta dos cosas:
 - a) Si solo nos interesa realizar una reversión sexual sin importarnos otra cosa la concentración adecuada es la de 15 mg/kg.
 - b) Si nos interesa el desarrollo de la espada y que el número de crías sea importante es recomendable la concentración intermedia (12.5 mg/kg).



9 Bibliografía

1. Aguirre F. F., (1993), Historia del acuarismo en México, orígenes , acuarium (1) Julio-Septiembre: 10-12.
2. Al-ablani Salma A., Phelps Ronald P., (1997) Sex reversal in black crappie *Pomoxis nigromaculatus*: effect of oral administration of 17 α -methyltestosterone on two age classes, *Aquaculture*, 158:155-165.
3. Amano Masafumi *et al*, (1994), Activation of Salmon Gonadotropin-releasing Hormone Synthesis by 17 α -Methyltestosterone administration in Yearling Masu Salmon, *Oncorhynchus masou.*, *Gen. Comp. Endocrinol.*, 95, 374-380.
4. Augusto S.C., Takashima F., Toda K., (1995), Sex differentiation and hormonal feminization in pejerrey *Odontesthes bonariensis*, *Aquaculture*, 139:31-45.
5. Axelrod H., (1974), *Peces tropicales*, T.F.H. Publications, Inc.
6. Baiza G., Cortes G., Caracheo R., (1988), *Hormonas y ciclos Hormonales*, Taller de actualización, las hormonas en la producción psicola, UNAM, México p. 109.
7. Barroiler J. F., Guiguen Y. y Fostier A. , (1999), Endocrine and environmental aspects of sex differentiation in fish, *CMLS*, 55:910-930.
8. Beaugrand J. y Beaugrand M., (1991), Prior recidency and the stability of dominance relationships in pairs of green swordtail fish *Xiphophorus helleri* (Pices Poeciliidae), *Behavioural processes*, 24:169-165.
9. Borowsky Richard y Kallman Klaus D., (1976), Patterns of mating in natural populations of *Xiphophorus* (pisces. Poeciliidae), Department of biology, New York University, Washington Square, New York 1003, and Genetics Laboratory, Osborn Laboratories of Marine Sciences, New York Zoological Society, Brooklin, New York 11224.
10. - Bradura, L.L. y H. Friedman., (1988)., Sexual reversion in female *Betta splendens* by means of testosterone to observe their social behavior. *J.Comp. Psychol.* 102(3):262-268.
11. Burns Jhon R. y Kallman Klaus D., (1985), An Ovarian Regression Syndrome in the Platyfish, *Xiphophorus maculatus*, *J Exp. Zool.*, 233:301-316.
12. Chourrout Daniel, Guyomard Rene y Chevassus Bernard, (1988), La mejora genética de los peces, *Mundo científico*, 6:1078-1088.

13. Flores Lozano F. Y Cabeza de F. A., (1995), Endocrinología, Mandez Editores, México.
14. Gannam A. L. y Lovell R. T., (1991), Effects of feeding 17 β - estradiol, and 3,5,3'-triiodothyronine to channel catfish, *Ictalurus punctatus*, Aquaculture, 92:377-388.
15. Gomelsky, B., (1994), Sexual reversion in *Cyprinus carpio*. Aquaculture, 126(1994):265-270.
16. Murray R. Mayes A., Graner D, Rodwell V., (1997), Bioquímica de Harper, 14° edición, Manual Moderno, México.
17. Hernández B., Benitez F., Garza M., (1988), Reproducción de peces y su aplicación a la piscicultura, Taller de actualización, las hormonas en la producción psicola, UNAM, México, p109.
18. Gomelsky Boris, Cherfas Nina B., Peretz Yakov, Ben-Dom Naomi y Hulata Gideon, (1994), Hormonal sex inversion in the common carp (*Cyprinus carpio* L.), Aquaculture, 126:25-270.
19. Herrera Emilio, (1996), Biología Molecular y Bioquímica Fisiológica, vol. II, Mc Graw-Hill , 2° edición.
20. Holloway A.C. y Leatherland J.F., (1998), Neuroendocrineregulation of growth hormone secretion in teleost fishes emphasis on the involvement of gonadal sex steroids, Rev. F. Biol. Fisher., 8: 409-429.
21. Jubiz William, (1996), Endocrinología clínica, Manual Moderno, 3° edición, México, pp 627.
22. Kavumpurath, S. y T.J. Pandian . (1993), A. Mazculinización of *Poecilia reticulata* with the administration of synthetic androgens in female grávidas. Aquaculture, 116(1993):83-89.
23. Kavumpurath S. y T.J. Padian. (1993) B. Production of female guppy (*Poecilia reticulata*) YY obtained by means of a sexual reversion. Aquaculture, 118(1993):183-189.
24. Labhart A., (1990), Endocrinología clínica, Teoría y Práctica, Salvat editores, S.A., México, pp 996.
25. Laguna j., (1978), Bioquímica, 2° edición, Prensa Médica Mexicana.

26. Lin Hao-Ren, Zhang M., Zhang S., Krak G. y Peter R., (1991), Stimulation of pituitary gonadotropin and ovarian development by chronic administration of testosterone in female Japanese silver eel, *Anguilla japonica*, *Aquaculture*, 96:87-95.
27. Lowe, T.P. y J.R. Larkin., (1975), sexual reversion in *Betta splendens* emphasizing the determination of the sex. *Exp. Zoology*, 191(1):25-32.
28. Malkinon A. M., (1980), *Acción hormonal*, Omega, Barcelona España.
29. Márquez Espinoza Alba F., (1999), Inducción sexual en peces *Xiphophorus helleri* (Poeciliidae) a través de la administración de la 17 α -metiltestosterona y de dietilstilbestrol, en el alimento, *Tesis Maestría en Ciencias (biología de la reproducción)*, U.N.A.M. Iztacala.
30. Moncayo L., Arredondo F., (1988), Aspectos generales en la producción de crías, taller de actualización, las hormonas en la producción psicola, UNAM, México, p109.
31. Moreno F. G., (1995), La cría de poeciliidos., *Splash*, (15):8-10.
32. Morehead D.T., Pankhurst N.W., Ritar A.J., (1998), Effect of treatment with LHRH analogue on oocyte maturation, plasma sex steroid levels and egg production in female striped trumpeter *Latris lineata* (Latrididae), *Aquaculture*, 169:315-331.
33. Murray Robert K., Mayes Peter A., Granner Daryl K. y Rodwell Victor W., (1997), *Bioquímica de Harper*, Manual Moderno, edición 14°, México.
34. Navas José M. Mañanós E., Thrush M., Ramos J., Zanuy S., Carrillo M., Zohar Y. y Bromage N., (1998), Effect of lipid composition on vitellogenin, 17 β -estradiol and gonadotropin plasma levels and spawning performance in captive sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.), *Aquaculture*, 165:65-79.
35. Padian T. J. y Sheela S.G., (1995), Hormonal induction of sex reversal in this (Review), *Aquaculture*, 138:1-22.
36. Pelissero C. y Sumpter J.P., (1992), Steroids and "steroids-like" substances in fish diets, *Aquaculture*, 107:283-301.
37. Piferrer F y Donaldson Edward M., (1992), The comparative effectiveness of the natural and a synthetic estrogen for the direct feminization of Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*), *Aquaculture*, 106:183-193.
38. Petrovcký, I., (1997), *Peces de acuario* Ed. Taesa, 2ª edición, República Checa. P. 176-177.

39. Roger Lewin, (1974), Hormonas: transmisores químicos, Salvat editores, España.
40. Santandreu Iván A., Díaz Nelson F., (1994), Effect of 17α -metiltestosterone on growth and nitrogen excretion in masu salmon (*Oncorhynchus masou* Brevoort), *Aquaculture*,124:321-333.
41. Secretaria de Pesca, (1986), Piscicultura de agua dulce , Pesca, México.
42. Taranger Geir L., haux C., Stefansson S., Björnsson B., Walter B. y Hansen T. (1998), Abrupt changes in photoperiod affect age at maturity, timing of ovulation and plasma testosterone and oestradiol- 17β profiles in Atlantic Salmon, *Salmo salar*, *Aquaculture*, 162:85-98.
43. Vera Cruz E.M. y Mair G.C., (1994), Conditions for effective androgen sex reversal in *Oreochromis niloticus* (L.), *Aquaculture*, 122:237-248.
44. Voet, D. y Voet J. G., 1990. Bioquímica. Omega, Barcelona España,P. 1243-1245.
45. Wayne W. D., (1993), Bioestadística, Base para el análisis de las ciencias de la salud, Limusa Noriega Editores, 3° edición. 299-315.
46. Weaton, F. y W. Frederick. 1982. *Aquacultura*. AGT editores S.A., México. P 12-18.
47. Xiong-ya T., Ren H.L., Der K. G. Y Peter R.E., (1993)., Hormonal induction precocius sex reversal in the ricefield cel, *Monopterus albus*, *Aquaculture*, 118:131-140.
48. Zanuy, S. y Carrillo M., (1987), , La reproducción de los Teleosteos y su aplicación a la acuicultura, CAICYT, Madrid.

10 Apéndice

TALLA DE LA ALETA CAUDAL (cm) DEL GRUPO EXPERIMENTAL DE 10mg

# DECUANTIFICACIÓN	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1° CUANTIFICACIÓN	1.1	1.0	1.0	0.9	1.0	0.9	0.9	0.9	1.0
2° CUANTIFICACIÓN	1.1	1.3	1.1	1.0	1.2	0.9	1.1	1.1	1.2
3° CUANTIFICACIÓN	1.4	1.6	1.1	1.1	1.4	1.0	1.3	1.2	1.3
4° CUANTIFICACIÓN	1.6	1.7	1.3	1.3	1.4	1.1	1.4	1.3	1.4
5° CUANTIFICACIÓN	1.7	1.9	1.5	1.4	1.5	1.3	1.4	1.3	1.6
6° CUANTIFICACIÓN	1.9	2.0	1.5	1.6	1.7	1.3	1.6	1.4	1.7
7° CUANTIFICACIÓN	2.1	2.1	1.6	1.7	1.9	1.5	1.7	1.5	1.8
8° CUANTIFICACIÓN	2.3	2.1	1.9	1.9	2.1	1.7	1.9	1.7	1.9

TALLA DE LA ALETA CAUDAL DEL GRUPO EXPERIMENTAL DE 12.5mg

# DECUANTIFICACIÓN	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1° CUANTIFICACIÓN	1.2	1.1	1.0	1.0	0.9	0.8	1.0	1.1	0.9
2° CUANTIFICACIÓN	1.3	1.3	1.1	1.1	1.0	1.0	1.1	1.3	1.1
3° CUANTIFICACIÓN	1.5	1.5	1.3	1.1	1.2	1.3	1.1	1.4	1.1
4° CUANTIFICACIÓN	1.6	1.6	1.4	1.2	1.4	1.3	1.3	1.4	1.4
5° CUANTIFICACIÓN	1.8	1.9	1.7	1.4	1.5	1.4	1.5	1.6	1.6
6° CUANTIFICACIÓN	2.0	2.1	2.0	1.6	1.6	1.4	1.5	1.8	1.7
7° CUANTIFICACIÓN	2.1	2.2	2.1	1.7	1.8	1.5	1.6	1.9	1.9
8° CUANTIFICACIÓN	2.3	2.3	2.1	2.0	1.9	1.7	1.9	2.0	1.9

TALLA DE LA ALETA CAUDAL DEL GRUPO EXPERIMENTAL DE 15mg

# DECUANTIFICACIÓN	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1° CUANTIFICACIÓN	0.9	0.9	0.8	0.9	1.1	1.0	0.8	1.0	1.0
2° CUANTIFICACIÓN	1.2	1.3	0.9	1.2	1.3	1.2	1.1	1.2	1.3
3° CUANTIFICACIÓN	1.4	1.7	1.2	1.3	1.5	1.5	1.4	1.4	1.5
4° CUANTIFICACIÓN	1.7	1.9	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.6
5° CUANTIFICACIÓN	1.9	2.2	1.9	1.7	1.8	1.9	1.7	1.9	1.9
6° CUANTIFICACIÓN	2.1	2.3	2.1	1.9	2.1	2.1	1.9	2.2	2.1
7° CUANTIFICACIÓN	2.4	2.6	2.1	2.3	2.3	2.4	2.2	2.4	2.3
8° CUANTIFICACIÓN	2.6	2.6	2.4	2.3	2.4	2.6	2.4	2.6	2.4

TALLA DE LA ALETA CAUDAL DEL GRUPO CONTROL

# DECUANTIFICACIÓN	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1° CUANTIFICACIÓN	0.8	0.9	0.8	0.8	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9
2° CUANTIFICACIÓN	0.8	0.9	0.8	0.8	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9
3° CUANTIFICACIÓN	0.8	0.9	0.9	0.8	0.9	0.9	0.8	0.9	0.9
4° CUANTIFICACIÓN	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.9	1.0
5° CUANTIFICACIÓN	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	0.9	0.8	0.9	1.0
6° CUANTIFICACIÓN	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	0.9	0.8	0.9	1.0
7° CUANTIFICACIÓN	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0
8° CUANTIFICACIÓN	0.9	1.0	0.9	1.0	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0

TALLA DE LA ESPADA (cm) DEL GRUPO EXPERIMENTAL DE 10 mg.

# DECUANTIFICACIÓN	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1° CUANTIFICACIÓN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2° CUANTIFICACIÓN	0.0	0.3	0.1	0.1	0.2	0.0	0.2	0.2	0.2
3° CUANTIFICACIÓN	0.3	0.6	0.1	0.2	0.4	0.1	0.4	0.3	0.3
4° CUANTIFICACIÓN	0.5	0.7	0.3	0.4	0.4	0.2	0.5	0.4	0.4
5° CUANTIFICACIÓN	0.7	0.9	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5	0.4	0.6
6° CUANTIFICACIÓN	0.8	1.0	0.5	0.7	0.7	0.4	0.7	0.5	0.7
7° CUANTIFICACIÓN	1.0	1.1	0.6	0.8	0.9	0.6	0.8	0.6	0.8
8° CUANTIFICACIÓN	1.2	1.1	0.9	1.0	1.1	0.8	1.0	0.8	0.9

TALLA DE LA ESPADA (cm) DEL GRUPO EXPERIMENTAL DE 12.5 mg.

# DECUANTIFICACIÓN	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1° CUANTIFICACIÓN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2° CUANTIFICACIÓN	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2
3° CUANTIFICACIÓN	0.3	0.4	0.3	0.1	0.3	0.5	0.1	0.3	0.2
4° CUANTIFICACIÓN	0.4	0.5	0.4	0.2	0.5	0.5	0.3	0.3	0.5
5° CUANTIFICACIÓN	0.6	0.8	0.7	0.4	0.6	0.6	0.5	0.5	0.7
6° CUANTIFICACIÓN	0.8	1.0	1.0	0.6	0.7	0.6	0.5	0.7	0.8
7° CUANTIFICACIÓN	0.9	1.1	1.1	0.7	0.9	0.7	0.6	0.8	1.0
8° CUANTIFICACIÓN	1.1	1.2	1.1	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	1.0

TALLA DE LA ESPADA (cm) DEL GRUPO EXPERIMENTAL DE 15 mg.

# DECUANTIFICACIÓN	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1° CUANTIFICACIÓN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2° CUANTIFICACIÓN	0.3	0.4	0.1	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3
3° CUANTIFICACIÓN	0.5	0.8	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6	0.4	0.5
4° CUANTIFICACIÓN	0.8	1.0	0.7	0.6	0.4	0.6	0.8	0.7	0.6
5° CUANTIFICACIÓN	1.0	1.3	1.1	0.8	0.7	0.9	0.9	0.9	0.9
6° CUANTIFICACIÓN	1.2	1.4	1.3	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.1
7° CUANTIFICACIÓN	1.5	1.7	1.3	1.4	1.2	1.4	1.4	1.4	1.3
8° CUANTIFICACIÓN	1.7	1.7	1.6	1.4	1.3	1.6	1.6	1.6	1.4

TALLA DE LA ESPADA (cm) DEL GRUPO CONTROL.

# DECUANTIFICACIÓN	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1° CUANTIFICACIÓN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2° CUANTIFICACIÓN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3° CUANTIFICACIÓN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4° CUANTIFICACIÓN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5° CUANTIFICACIÓN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6° CUANTIFICACIÓN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7° CUANTIFICACIÓN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8° CUANTIFICACIÓN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

El Análisis estadístico para evaluar el efecto de la aleta caudal es el que se presenta a continuación:

FUENTE	S.C.	G.L.	C.M.	R.V.	VALOR DE F
TRATAMINETOS	25.8382	7	3.6911	101.1260	2.64
BLOQUES	31.8674	35	0.9104		
RESIDUO	8.9543	245	0.365		
TOTAL	66.6599	244			

Cuyo valor de C= 563.9201