



11662

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

3

DETERMINACION DE LA DOSIS EFECTIVA DE
SOMATOTROPINA RECOMBINANTE BOVINA EN EL
CRECIMIENTO DE HIBRIDOS DE TILAPIA
(*Oreochromis mossambicus* X *Oreochromis niloticus*),
BAJO CONDICIONES DE TEMPERATURA
CONTROLADA Y NO CONTROLADA.

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN NUTRICION ANIMAL

PRESENTA :

MARCELA FRAGOSO CERVON

292395

DIRECTOR DE TESIS: M. en C. ERNESTO AVILA GONZALEZ

ASESORES: M. en C. ERNESTO AVILA GONZALEZ
M. en C. LUIS OCAMPO CAMBEROS
M.V.Z. ANA AURO DE OCAMPO



MEXICO, D. F.

2001



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.

DEDICATORIAS

A DIOS

A LA MEMORIA DE MI PADRE: JOSÉ RAMÓN FRAGOSO CEDILLO, POR MOSTRARME SIEMPRE EL CAMINO RECTO.

A MI MADRE: CECILIA CERVÓN ZAMORA, POR EL IMPULSO Y LA FUERZA EN MI VIDA: GRACIAS, TE AMO.

A MI ESPOSO: MARTÍN J. FUENTES CORTES, POR SU AMOR Y AYUDA A LA REALIZACIÓN DEL TRABAJO EXPERIMENTAL.

A MIS HERMANOS: SERGIO, REBECA, PEPE, CHICO, RAÚL, VILINES Y PATY, POR SER UNA FAMILIA UNIDA, POR SU APOYO INCONDICIONAL, MOSTRARME EL CAMINO, SER UN GRAN PILAR EN MI VIDA, Y POR BRINDARME APOYO, CONSEJOS Y COMPRENSIÓN: LOS AMO

A ANA AURÓ DE OCAMPO, POR SER ESPECIAL EN MI VIDA.

A MIS AMIGOS: MARUCA, MARIBEL, MARU, ALMA, VÍCTOR Y ANGEL.

A LOS PECES

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootécnia

Al comité asesor por sus consejos y su apoyo:

M. en C. Ernesto Ávila González,

M. en C. Luis Ocampo Camberos,

M.V.Z. Ana Auró de Ocampo

Al jurado por sus comentarios y sugerencias;

PRESIDENTE: Dr. Carlos Vázquez Pelaez,

VOCAL: Dra. Irma Tejada Castañeda,

SECRETARIO: Dr. Ernesto Ávila Gonzalez,

PRIMER SUPLENTE: M. en C. Luis Jorge García Marquez,

SEGUNDO SUPLENTE: M. en C. Juan Carlos del Rio.

A los que hicieron posible la realización éste trabajo.

INDICE

RESUMEN	1
SUMMARY	2
INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVOS	14
HIPOTESIS	14
MATERIAL Y METODOS	15
EXPERIMENTO 1	
EXPERIMENTO 2	
EXPERIMENTO 3	
EXPERIEMNTO 4	
RESULTADOS	20
EXPERIMENTO 1	
EXPERIMENTO 2	
EXPERIMENTO 3	
EXPERIMENTO 4	
DISCUSIONES	25
CONCLUSIONES	48
LITERARURA CITADA	49

INDICES DE CUADROS Y FIGURAS

CUADRO 1. Composición de la dieta para los peces empleados	31
CUADRO 2. Promedios semanales de peso y desviaciones estandar de peces con Diferentes concentraciones de somatotropina (experimento 1).	31
CUADRO 3. Significancia estadística obtenida entre las pendientes del incremento de peso en ocho semanas (experimento 1).	32
CUADRO 4. Promedios generales para consumo de alimento, conversión alimenticia promedio y mortalidad acumulada de tilapias con y sin somatotropina (experimento 2).	32
CUADRO 5. Contenido promedio de humedad, proteína total y extracto etéreo de las canales en los peces tratados con y sin somatotropina (experimento 2).	33
CUADRO 6. Promedios comparativos de índices orgánicos en peces tratados con y sin somatotropina en porcentaje (experimento 2).	33
CUADRO 7. Consumo de alimento, conversión alimenticia promedio y mortalidad acumulada de tilapias con y sin somatotropina (experimento 3).	34
CUADRO 8. Contenido promedio de humedad, proteína total y extracto etéreo de las canales en los peces tratados con y sin somatotropina (experimento 3).	34
CUADRO 9. Índices orgánicos en porcentaje de los grupos tratados con somatotropina y en los no tratadas (experimento 3).	35
CUADRO 10. Promedios generales para consumo de alimento, conversión alimenticia promedio y mortalidad acumulada de tilapias con y sin somatotropina (experimento 4).	35
CUADRO 11. Contenido de humedad, proteína total y extracto etéreo de las canales en los peces tratados con y sin somatotropina (experimento 4).	36
CUADRO 12. Índices orgánicos promedios en los grupos tratados con somatotropina y en los no tratados (experimento 4).	36
FIGURA 1. Mapeo del marcaje de peces.	37

FIGURA 2. Regresiones lineales de los pesos del grupo con 5 miligramos de somatotropina y el control.	38
FIGURA 3. Peso promedio de las tilapias tratadas con y sin somatotropina durante ocho semanas (experimento 2).	39
FIGURA 4. Regresiones lineales de los pesos obtenidos hasta la quinta semana (experimento 2).	40
FIGURA 5. Regresiones lineales de los pesos obtenidos a lo largo de ocho semanas (experimento 2).	41
FIGURA 6. Peso promedio en ocho semanas de las tilapias tratadas con y sin somatotropina (experimento 3).	42
FIGURA 7. Regresiones lineales de los pesos obtenidos hasta la quinta semana (experimento 3).	43
FIGURA 8. Regresiones lineales de los pesos obtenidos durante ocho semanas (experimento 3).	44
FIGURA 9. Peso promedio de las tilapias tratadas con y sin somatotropina durante ocho semanas (experimento 4).	45
FIGURA 10. Regresiones lineales de los pesos obtenidos hasta la quinta semana (experimento 4).	46
FIGURA 11. Regresiones lineales de los pesos obtenidos en la semana ocho (experimento 4).	47

RESUMEN

M.V.Z. Marcela Fragoso Cervón. Determinación de la Dosis Efectiva de Somatotropina Recombinante Bovina en el Crecimiento de Híbrido de Tilapia (*Oreochromis mossambicus X Oreochromis niloticus*), Bajo Condiciones de Temperatura Controlada y no Controlada (Asesorado y aprobado Por: Dr. Ernesto Ávila Gonzalez, Dr. Luis Ocampo Camberos, M.V.Z. Ana Auró De Ocampo).

La tilapia es de las más importantes especies dulceacuícolas en nuestro país, considerándose la tercera pesquería. La tecnología para aumentar su producción se ha realizado optimando las condiciones de cultivo, sin embargo, la aplicación de la biotecnología podría hacerla más eficiente y rentable. Un ejemplo de su uso es la recombinación del ADN que permite la producción de cantidades considerables y económicas de somatotropina purificada en *Escherichia coli*, que ha sido usada en animales terrestres y acuáticos para aumentar el crecimiento y mejorar la conversión alimenticia. Por ello, la hipótesis planteada fue: la somatotropina recombinante bovina (SRB) incrementa el crecimiento y mejora la conversión alimenticia en tilapias sin producir efectos nocivos, los objetivos fueron: evaluar el crecimiento y la conversión alimenticia, observar posibles efectos histopatológicos, determinar la composición corporal de proteína y extracto etéreo y observar diferencias en índices orgánicos en ocho semanas cuando se les aplica intramuscularmente una sola dosis de SRB, colocándose en diferentes temperaturas del agua. Se emplearon 612 tilapias juveniles divididas en cuatro experimentos: Exp. 1, determinación de la dosis de SRB en tilapia; Exp. 2, 3 y 4, evaluación de la SRB sin control de temperatura y en rangos de 21 a 24 y de 25 a 27 °C en el agua respectivamente. Resultados: La dosis de 5 microgramos de SRB por gramo de tilapia produjo las mayores diferencias ($P<0.05$), Los mejores incrementos de peso se observaron a la quinta semana ($P<0.05$) en el Exp. 2, no se detectaron diferencia en este parámetro, consumo de alimento, conversión alimenticia y mortalidad acumulada a la semana 8. En 21-24°C hubo diferencias ($P<0.05$) en incremento de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia a la quinta semana, consumo de alimento a la octava ; y en 25 a 27°C, solamente en incremento de peso a la quinta semana y consumo de alimento a la octava. En cantidad de proteína, extracto etéreo e índices orgánicos no hubo diferencias entre tratamientos ($p<0.05$).

SUMMARY

Tilapia species can be regarded as the third most commercially important fish species cultured in México. Technology to culture tilapias has experienced important progress. The use of biotechnology may further improved technical advances. In some other fish species but tilapia, it has been shown that it is possible to achieve better growth rates and feed efficiency values with the use of the genetically recombinant *Escherichia coli*-obtained bovine somatotropin hormone (rSTB). This was the impetus of the present study in tilapia. Variables assessed after the injection of rSTB to tilapia cultured under various temperatures included: growth rate, feed efficiency, histopathologic changes in key organs and in the site of injection, protein content of the fish and evaluation of varius organ to body mass indexes. In all 612 tilapias were utilized, divided in four trials: Trial 1 was planned to determine a dose-response relationship; trial 2, 3 and 4 were carried out to assess the effect of the temperature (without temperature control, of 21 to 24 °C, and of 25 to 27 °C) of water in the above mentioned variables. Results showed that the administration of 5 mg/Kg. of rSTB induced a statistically significant increase in weight gain only on the fifth week post-injection ($P < 0.05$). Differences in the water utilized gave statistically significant difference ($P < 0.05$) in feed consumption, weight gain and feed efficiency at 21 to 24 °C only during the fifth week also. At 25 to 27 °C weight gain and feed consumption increased only on week eight ($P < 0.05$). No difference were observed in fat or protein content of the fish carcasses, nor in their organ to body mass indexes.

INTRODUCCIÓN

El hombre dependió en un principio de lo que la naturaleza le ofrecía para satisfacer sus necesidades de alimentación. Sin embargo, con el paso del tiempo modificó esta situación y paso de recolector de frutas a agricultor y de cazador a criador de animales y de buscar refugios naturales para vivir en constructor de sus propias viviendas. Uno de los aspectos en los que el hombre ha dejado sentir su dominio en menor medida, es en el control de los recursos marinos. Mucho se ha avanzado en cuanto a la tecnología para la detección y captura de dichos recursos y actualmente se cuenta con métodos eficientes y seguros para dichos propósitos, los cuales incluyen la detección por medio de satélites y la captura por medios electromecánicos. Sin embargo, hasta la fecha se sigue dependiendo en gran medida de lo que el mar ofrece en forma natural y en cierta forma el hombre esta sujeto a sus fluctuaciones y caprichos. Esto es porque en las condiciones actuales, la captura de la mayoría de las especies, resulta mucho mas económica que la crianza. Es importante resaltar el hecho de que los recursos naturales tienen un limite de producción y por lo tanto son capaces de soportar una cierta tasa de explotación. En algunos casos, el hombre ha llegado e incluso ha sobrepasado este limite y en otros, se acerca cada vez más rápidamente a él, con sus cada vez mejores métodos de detección y captura. Esto evidentemente lleva consigo el peligro de un estancamiento e incluso un abatimiento de los niveles de producción.

Para enfrentarse a estos problemas los esfuerzos se enfocan en dos direcciones; por un lado, la detección y aprovechamiento de nuevos recursos hasta ahora poco o nada explotados y por otro, la producción de ciertos organismos bajo condiciones controladas o semicontroladas, es decir, la acuicultura.

A pesar de que los primeros organismos marinos empezaron a ser cultivados, hace miles de años, el despegue real de esta actividad es relativamente reciente y en la actualidad esta adquiriendo una importancia relevante. A esto han contribuido principalmente los siguientes factores:

- El aumento constante de la población mundial y por lo tanto de las necesidades cada vez mayores de alimento.
- El estancamiento y, en algunos casos, el decremento de la producción natural de algunas especies.

■

- La posibilidad de obtener grandes ganancias, sobre todo en el cultivo de ciertas especies de alto valor comercial.
- El conocimiento cada vez mejor de la biología y ecología de los organismos.

Actualmente la acuicultura se practica en mayor o menor medida en casi todos los países del mundo, aunque algunos, por su situación geográfica, socioeconómica y política están mas avanzados en esta actividad (Arredondo-Figueroa, 1983; Ramírez, 1996).

La acuicultura se considera como una actividad que se esta desarrollando no solo para sustituir, sino mas bien para complementar la captura de organismos marinos y dulceacuícolas. Se considera que en la actualidad, el cultivo contribuye con mas del 20 % de la producción total a nivel mundial.

La división del mundo en países ricos, pobres y en vías de desarrollo, es una realidad, que se refleja también en el estado de la acuicultura en dichos países. En los países pobres y en vías de desarrollo el problema fundamental es producir proteína animal suplementaria que este disponible a un precio accesible. En cambio en países técnicamente avanzados, los esfuerzos se orientan a la producción de alimento de alto valor que además sean competitivos en el mercado o bien a productos de ornato o recreación (Arredondo-Figueroa, 1983; Morales, 1991).

Así, de la gran cantidad de especies que están siendo usadas o probadas para el cultivo, algunas especies son elegidas por su rápido crecimiento y gran cantidad de biomasa obtenida en un corto tiempo, constituyendo así productos económicos y accesibles a la población. Otras especies son cultivadas por su valor comercial, constituyéndose en cultivos que pueden proporcionar grandes utilidades o bien, fuente de divisas como productos de exportación en los países en vías de desarrollo. En el primer caso se encuentra el cultivo de peces herbívoros (carpas, tilapias, etc.) o moluscos filtroalimentadores (ostiones, mejillones, etc.). En el segundo caso pueden destacarse el cultivo de camarones, langosta, truchas, peces de ornato, etc. (Arredondo-Figueroa, 1983).

De las especies económicas y accesibles, la tilapia es quizá una de las especies mas importantes en nuestro país. La tilapia fue introducida a México en 1964. La producción de tilapia empezó a aparecer en las estadísticas pesqueras en 1970, a partir de esa fecha, la producción de mojarra tilapia se ha incrementado rápidamente hasta constituirse en la

tercera pesquería a nivel nacional tanto en volumen como en su valor comercial (Ramírez y Sevilla, 1996).

La mojarra tilapia corresponde a un grupo de peces ciclidos de la tribu Tilapiini originaria del África Oriental. Algunas de sus especies han sido cultivadas en estanques desde el año 1 000 a.C. No obstante, no es sino hasta el presente siglo cuando esta especie recibe la atención de los acuacultores a nivel mundial (Aguilera y Noriega, 1986).

Las especies introducidas a México fueron identificadas como: *Tilapia rendalli*, *Oreochromis mossambicus* y *O. aureus* las cuales fueron distribuidas ampliamente en una gran cantidad de cuerpos de aguas naturales y artificiales en las zonas tropical y templada del país, constituyendo así las primeras acciones de fomento para su cultivo (Arredondo-Figueroa, 1983).

En 1978, se introdujo la tilapia del Nilo (*O. niloticus*), en el mismo sitio procedente de Panamá, Centro América. En 1981, se implementaron programas de reproducción controlada en jaulas flotantes con la llegada al país de la Tilapia roja *Oreochromis mossambicus* y *O. urolepis hornorum*, distribuyéndose a los centros acuícolas de Zacatepec y el Rodeo, Morelos, provenientes de EUA (Ramírez y Sevilla, 1996).

Para 1986 la primera línea roja de *Oreochromis niloticus* llega a México, procedente de la Universidad de Stirling, Escocia, especie que se introdujo en el Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del IPN, Unidad Mérida, de donde fue distribuida a varios centros acuícolas de la entonces Secretaría de Pesca. En 1987 nuevamente se introduce *O. urolepis hornorum*, y *O. mossambicus*, así como la *Tilapia zillii* y a partir de este año tanto el gobierno a través de la entonces Secretaría de Pesca, gobiernos de los estados así como algunos productores privados introducen algunas nuevas variedades como la tilapia híbrido rojo, procedente de Puerto Rico, la tilapia blanca conocida como Rocky Mountain, la *Oreochromis aureus* procedente de Cuba y la *O. aureus* azul, entre otras (Arredondo *Et al*, 1994).

Su adaptación en nuestro país ha sido amplia, principalmente en las zonas cálidas como sucede en los estados de Oaxaca, Tabasco, Chiapas, Michoacán, Veracruz y Sinaloa, entre otros, en donde se registran capturas anuales del orden de las 90 000 toneladas, (SEPESCA, 1986), creando con esta actividad fuentes de alimentación y empleo en esas entidades federativas. Sin embargo, esta cifra se estima que es aproximada ya que no se

incluyen las capturas en cuerpos de agua pequeños que no tienen registro pesquero, ni la producción acuícola obtenida en las unidades de producción en el país, con lo cual el monto del desembarque en peso fresco podría fácilmente rebasar las 100 000 toneladas anuales, siendo por esto una de las tres principales especies en las pesquerías del país, con un impacto importante a nivel mundial, ya que en 1993 la captura racional de la tilapia representó la quinta parte de la producción mundial (FAO, 1995).

De acuerdo con la clasificación de Berg, modificada por Trewavas en el año 1983, citada por arredondo *et al.*, (1994), las tilapias existentes en México, se clasifican de la siguiente manera:

Phyllum	Vertebrata
Subphyllum	Craneata
Superclase	Gnathostomata
Serie	Pisces
Clase	Perciformes
Suborden	Percoidi
Familia	Cichlidae
Genero	1) <i>Tilapia</i>

a) *rendalli*

b) *zillii*

2) *Oreochromis*

a) *aureus*

b) *niloticus*

c) *mossambicus*

d) *urolepis hornorum*

e) variedad mossambica roja

f) variedad niloticus roja

g) variedad niloticus blanca (Rocky Mountain)

h) variedad niloticus Stirling

i) variedad aureus azul

j) Híbridos rojos

Si bien existen en nuestro país todas las especies y variedades antes mencionadas, las más utilizadas en la acuicultura son las que tienen hábitos alimentarios micrófagos

como es el caso de *Oreochromis niloticus*, *O. mossambicus* y *O. aureus* y muy poco se ha hecho con las especies del género *Tilapia*, que son preferentemente herbívoras.

Los atributos favorables que convierten a la tilapia en una de las especies más apropiadas para la acuicultura son su gran resistencia física, capacidad de adaptación, rápido crecimiento, resistencia a las enfermedades, elevada productividad, tolerancia a desarrollarse en condiciones de alta densidad, habilidad para sobrevivir a bajas concentraciones de oxígeno disuelto (O. D.) e intervalos amplios de salinidad, además de su capacidad de alimentarse de una diversidad de productos naturales y artificiales (Morales *et al.*, 1988).

Son especies euritérmicas, siendo su intervalo de tolerancia de temperatura desde los 12 a los 42° C. Existen líneas que son más resistentes a las bajas temperaturas como la nilótica Stirling y la Rocky Mountain. Por otro lado, pueden vivir en aguas dulces, salobres y marinas, por lo que se les considera especies eurihalinas, con un intervalo de tolerancia que va desde el agua dulce hasta 40 ppmil de salinidad. Las especies *O. mossambicus* y sus híbridos, así como *Tilapia zillii* son capaces de crecer en aguas marinas y de hecho la primera sostiene cultivos importantes en varias partes del mundo en este ambiente (Morales, 1991).

Se reproducen a temprana edad, alrededor de las 8 ó 10 semanas, teniendo una talla entre 7 a 16 cm, por lo que dificulta el control de la población en los estanques donde se cultiva. En las especies de *Oreochromis urolepis hornorum* y *O. mossambicus*, el macho presenta una marcada territorialidad, sobre todo en época de reproducción. Su fecundación es externa y el número de huevecillos producidos por hembra varía según la especie, talla y peso de los reproductores, así por ejemplo una hembra de 200 gramos produce de 800 a 1 000 huevos por desove (Morales, 1974; Morales, 1991).

Por su parte *O. mossambicus*, *O. aureus* y *O. niloticus* son especies micrófagas que consumen fitoplancton, pequeños crustáceos y detritos, lo que hace posible la utilización de fertilizantes orgánicos y químicos que favorezcan la productividad primaria y secundaria y la aplicación de alimentos complementarios (Morales, 1991).

En México se han aplicado distintos modelos tecnológicos para la producción de la tilapia. El primero de ellos es el más simple de todos y consiste en una política enfocada a la distribución e introducción de crías de diferentes especies de tilapia, en los grandes cuerpos de agua mayores de 10 000 hectáreas y en numerosas piezas de menor tamaño a

lo largo y ancho de la República Mexicana. A esta actividad se le ha dado el nombre de Acuicultura de Repoblación y de acuerdo con el criterio de FAO (1995), corresponde a pesquerías derivadas de la acuicultura, ya que una cosecha, en este caso, es el resultado de la actividad pesquera, es decir cuando los organismos acuáticos en su condición de bien común, pueden ser explotados por cualquier persona u organización con o sin la respectiva licencia. Si bien para propósitos de la estadística pesquera nacional, se suma la captura total y se inserta en el rubro de producción por acuicultura, la intervención del hombre solo se limita a la siembra y otros aspectos propios de la acuicultura como son la fertilización, alimentación y control de depredadores entre otros, no se llevan a efecto. A pesar de la importancia que tiene este método tecnológico, muy poco se ha hecho para mejorar e impulsar esta actividad, la cual ha sido relegada de las acciones de gobierno durante muchos años y hoy en día se presentan problemas severos en los embalses que afectan en forma directa a la producción, entre ellos se tiene; la pérdida de vigor genético de las especies, reducción de las tallas, sobrepesca y enfermedades entre otras (Ramírez 1996).

Otras metodologías aplicadas en nuestro país a partir de la década de los ochentas, son el cultivo semi-intensivo y el intensivo, que se practica en cuerpos de agua pequeños, estanques, jaulas, canales de corriente rápida y en canales de riego secundarios o terciarios. Las modalidades utilizadas son el monocultivo, el bicultivo y el policultivo. En todos los casos las poblaciones cultivadas corresponden básicamente a las especies de *Oreochromis niloticus*, *O. aureus* y *O. mossambicus*, además de algunos híbridos (rojos conocidos como pargo cerezo) y otras líneas de reciente introducción (mossambica roja, nilotica roja, nilotica blanca y aurea azul). El monocultivo se realiza con solo una especie de las antes mencionadas, se manejan densidades que van de 4 a 6 organismos por metro cuadrado, alguna vez después de los 7 u 8 cm se sexan y se practica el cultivo monosexo (preferentemente machos) y se llevan a una talla comercial de 250 a 320 g (en el estado de Morelos la cosecha es de tallas pequeñas, las cuales son vendidas para satisfacer la demanda de los pequeños comercios conocidos como "botaneras", lo que aumenta su valor comercial. Los rendimientos acuícolas en promedio van de 5 a 8.0 toneladas por hectárea en ocho a diez meses de cultivo, dependiendo de la zona geográfica, la experiencia del productor y del manejo de las diversas actividades acuícolas. La fertilización y la alimentación complementaria es una

constante en este tipo de cultivo y la mortalidad depende del manejo, calidad del agua, cuidado en la alimentación y de la aplicación correcta de los fertilizantes (Arredondo-Figueroa y Lozano-García, 1996).

En el segundo caso la tilapia se cultiva en forma conjunta con el langostino gigante de Malasia *Macrobrachium rosenbergii*, cuyo ejemplo más palpable se da en las unidades de producción del estado de Morelos. Finalmente, el policultivo se realiza en combinación con algunas especies de carpas, como la carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idellus*), la carpa plateada (*Hypophthalmichthys molitrix*), la carpa cabezona (*Aristichthys nobilis*) y la carpa común (*Cyprinus carpio*) entre otras (Morales, 1991).

Los cultivos intensivos son practicados en jaulas, canales de corriente rápida y en canales de riego secundarios y terciarios. En este caso las densidades son elevadas y fluctúan entre 80 y 100 organismos por metro cúbico, lo que permite producir aproximadamente 20 Kg/m³ de tilapia, aunque esta cantidad puede ser incrementada dependiendo del flujo de agua y del contenido de oxígeno disuelto, además del tipo de alimento utilizado. En estas condiciones el alimento se constituye en el principal limitante y de él depende el éxito del cultivo (Cabañas, 1995).

La tecnología para aumentar la producción en Acuicultura, se ha realizado tradicionalmente, optimizando las condiciones de cultivo; sin embargo, la aplicación de la biotecnología puede ayudar a mantener una producción más eficiente y rentable (McLean *et al*, 1994). Por otro lado, se sabe que el crecimiento de los animales está influenciado por muchos factores, entre otros, el estado de desarrollo, composición de la dieta, medio ambiente, así como un adecuado programa de selección y cruzamiento, por lo que la optimización de estos factores pueden mejorar la producción de carne. También se sabe que se puede lograr un incremento adicional en la eficiencia productiva, por medio de la manipulación endocrina de los animales (Cavari *et al*, 1993a; Sidney *et al*, 1988)

En éste sentido, la biotecnología actual, particularmente la de recombinación del ADN, ha permitido la producción de cantidades considerables y relativamente económicas de una somatotropina altamente purificada conocida como somatotropina recombinante a partir del cultivo de *Escherichia coli*, a la que se le inserta el gen para la síntesis de la hormona, lo cual ha permitido investigaciones más detalladas acerca de su potencial

para estimular el crecimiento en especies productivas (Cavari *et al*, 1993b; Song *et al*, 1993). El descubrimiento del efecto de la somatotropina al ser suplementada en vacas lecheras data de principios de 1900, cuando se reportó que la extracción del extracto bruto de la pituitaria causaba aumento en el rendimiento de la leche en vacas lecheras lactantes; en los 40's se obtuvo la somatotropina purificada, permitiendo por medio de la investigación definir su papel fisiológico; en los años 70's se determinó la secuencia de aminoácidos, siendo muy diferentes los de la somatotropina de origen bovino a los de la somatotropina humana, demostrándose que la primera es inactiva en el hombre. En los primeros años de la década de los 80's, los adelantos en biología molecular condujeron al desarrollo de tecnología del ADN recombinante, que permitió, la producción de grandes cantidades de somatotropina utilizada en la investigación exitosa, además de la insulina e interferones (Elanco, 1994).

Para la producción de somatotropina, al gen que la produce en la hipófisis, se le une a la información genética de *E. coli* K-12, microorganismo que ha sido modificado de manera tal, que no puede sobrevivir fuera del microambiente controlado del laboratorio y que posee una pequeña pieza esférica de ADN (plásmido), en el que se inserta el ADN a reproducir, y se replica utilizando su propia síntesis proteínica, posteriormente se sacrifica y se le fracciona para obtener la hormona purificada (Furuya *et al*, 1987; Monsanto, 1995), cuyas fórmulas son:

- Formula Empírica de Aminoácidos:

ASP14ASN6THR12SER13GLU13GLN11PRO7GLY10ALA14CYS4VAL6MET5ILE7
LEU28TYR6PHE14HIS3LYS12ARG13TRP1

- Formula Molecular:

C1020H1595N2740302S9

- Nombre Químico:

1-(N2-(N-(N-(N-(N-(N-(1-N-L-METIONIL-L-FENILALANINA)-L-PROLIL)-L-
LEUCIL)-ALFA-ASPARTIL)-L-ALFA-ASPARTIL)-ALFA-ASPARTIL)-L-
LISINA)SOMATOTROPINA(OX)

- Peso Molecular:

22 818 (Elanco, 1994).

La somatotropina (GH o STR también llamada hormona del crecimiento), se sintetiza y secreta a través de células somatotropas de la adenohipofisis. Proviene de un péptido precursor de mayor tamaño que es el pre-GH, que también se llega a formar, pero que carece de importancia fisiológica. Es probable que la hormona del crecimiento, la prolactina y el lactógeno placentario humano provengan de una sola molécula y aunque han demostrado diferencias ulteriores en estructura e importancia funcional intrínsecas siguen compartiendo las propiedades lactógenas y de estimulación del crecimiento (Ueda *et al*, 1985; Rivas *Et al* 1986; Nishioka *et al*, 1993).

La función primaria de la hormona del crecimiento o somatotropina es estimular el crecimiento lineal, sus efectos metabólicos básicos permiten que se alcance el resultado señalado, pero gran parte de la acción estimulante del crecimiento es mediada por las somatomedinas, familia de péptidos pequeños producidos en el hígado. La somatotropina por medio de las somatomedinas, aumenta la síntesis proteínica al estimular la captación de aminoácidos y acelerar directamente la transcripción y traducción de RNAm. Además la GH, tiende a disminuir el catabolismo proteínico por medio de movilización de grasas, que actúan como una fuente mas eficaz de combustible, provoca la liberación directa de ácidos grasos a partir de tejido adiposo y estimula su conversión a acetil-CoA, compuesto a partir del cual libera energía. Este efecto de ahorro proteínico puede constituir el mecanismo de mayor importancia por el cual la GH estimula el crecimiento y el desarrollo (Tarpei and Nicoll, 1985; Keeley *et al*, 1988; Grau *et al*, 1985).

Esta hormona también modifica el metabolismo de los carbohidratos. Si se forma en cantidades excesivas, se disminuye la utilización de carbohidratos y altera la captación de glucosa al interior de las células. Al parecer, esta resistencia a la acción insulínica, inducida por la somatotropina, depende de una alteración posreceptora en la acción insulínica a la glucosa que, a su vez, estimula la secreción de insulina (Vestergarrd and Sejersen, 1991; Sun and Formanformaian, 1992; Ng *et al* 1992 y Helms *et al*, 1989).

La liberación e inhibición de la somatotropina esta mediada por dos hormonas: la primera es la liberadora de la hormona de crecimiento (GRH) y la somatostatina (Hormona Inhibidora) (Greenspan y Forsham, 1988; Byamungu *et al*, 1990; Byamungu *et al*, 1991).

En resumen, la somatotropina incrementa la producción, coordinando una serie de

mecanismos corporales que permiten mantener el equilibrio metabólico y fisiológico del animal. Los principales efectos radican en la estimulación directa o indirecta de la actividad o de la división celular, la síntesis proteínica y de glucosa, la oxidación de las grasas y la inhibición del transporte de la glucosa a tejidos periféricos. Esto, aunado a un flujo sanguíneo aumentado se traduce en más nutrientes disponibles para la producción (Rodgers *et al*, 1992; Sakamoto and Hirano, 1991; Simes, *et al*, 1991; Sweeting *et al*, 1985 y Monsanto, 1995).

La somatotropina no afecta la calidad ni las características de la carne, porque es una hormona proteínica existente en el organismo animal, cuando es ingerida, la cadena de aminoácidos se hidroliza en el intestino y el estómago, además salvo en peces, no es posible absorber la molécula completa (Mc Lean *et al*, 1990; Mc Lean and Donalson 1990). Por otro lado, se ha comprobado que la somatotropina bovina no actúa en humanos, y por último, al ser una hormona proteínica y no esteroide, esto es, no tiende a acumularse en el organismo, y se degrada rápidamente (Monsanto, 1995).

Informes recientes han demostrado el uso de somatotropina en bovinos productores de leche (Monsanto, 1993; Ocampo y Sumano, 1995; Monsanto, 1995), cerdos (Down *et al*, 1988), ratas (Byatt *et al*, 1991; Wood *et al*, 1987), ratones (Doi *et al*, 1991), corderos (Mac Rae *et al*, 1991), ovinos (Wynn *et al*, 1991; Harper *et al*, 1987), cabras (Wynn *et al*, 1991; Bass *et al*, 1987) y aves (Haddad y Mashly, 1989; Lildurm *et al*, 1989; Vasilatós-Younken *et al*, 1991), incrementan el crecimiento, mejoran la eficiencia alimenticia y disminuyen los lípidos corporales.

Al igual que en los mamíferos, el rango de crecimiento, la ganancia diaria de peso y la eficiencia en la conversión alimenticia, son aspectos críticos en la producción rentable de peces. Por otro lado, se ha demostrado que su crecimiento también es pituitario dependiente, y por lo tanto la hormona de crecimiento de mamíferos como de teleósteos es efectiva para promover su crecimiento (Down *et al*, 1989; McLean *et al*, 1994), como lo demuestran los resultados observados en *Onchorhynchus kisutch* (Down *et al*, 1988; Aguillon *et al*, 1988; Inove *et al*, 1993; McLean *et al*, 1994) y *Onchorhynchus mykiss* (Moriyama *et al*, 1993; De Yong *et al*, 1994; Bolton *et al*, 1987; Sakamoto and Hirano, 1991), *Salmo salar* (Boeuf, 1989; Shmitz *et al*, 1994), *Sparus aurata* (Cavari *et al*, 1993a), *Cyprinus carpio* (Fine *et al* 1996), especies en las que, aparte de mostrar un mayor crecimiento, mejoró la conversión alimenticia y la calidad de la masa corporal.

Vicini, en un estudio citado por Monsanto 1993, usando dosis de 30 veces las requeridas para vacas lecheras, estudió los posibles efectos patológicos en 39 órganos de la vaca y en 22 del feto, detectando una anomalía patológica en el sitio de la inyección, donde encontró inflamación focal granulomatosa con macrófagos, linfocitos y células gigantes, así como tejido conectivo fibroso. Así mismo, Mc Clean *et al*, (1994), mencionan que es posible encontrar una serie de lesiones que incluyen acropatia acromegálica, una forma de osteoartritis, fibrosis glomerular, ulceración gástrica, enfermedades degenerativas de las articulaciones e incremento en la susceptibilidad a enfermedades. Encontrando diferencias significativas en la longitud del intestino, vísceras e índices gonadosomáticos.

Es importante recalcar que algunos investigadores informan que la respuesta a la somatotropina esta influenciada en gran medida por la nutrición, y su efecto óptimo sólo se puede lograr en animales que reciben una dieta con una composición adecuada (Schmitz *et al*, 1994). Empero, también se ha mencionado que la alimentación de animales tratados con somatotropina es la misma que la de los animales sin tratar ya que se ha demostrado que no cambian los requerimientos de nutrientes ni cambian las características digestivas de las dietas, pero si la cantidad de alimento, la que depende del peso corporal (Ocampo y Sumano, 1995).

Por otro lado, en la acuicultura, mediante la manipulación de procesos biológicos como el crecimiento se puede incrementar la producción de sus recursos. Dentro de estos, uno de los mas importantes en nuestro país es la tilapia (*Oreochromis sp*), pez que se desarrolla adecuadamente dentro de la isoterma de los 20°C, es relativamente resistente a enfermedades y puede sobrevivir en condiciones de bajas concentraciones de oxígeno disuelto en el agua, tiene un vigoroso apetito y acepta una gran variedad de alimentos, mostrando un alto nivel nutricional, proteína asimilable y tecnología de cultivo simple (Lovell, 1995). Ocupando nuestro país el quinto lugar a nivel mundial en su producción (Arredondo-Figueróa, y Lozano-García, 1996).

OBJETIVOS

Con base en lo anterior, se diseñó el presente trabajo, que se desarrolló en el Departamento de Producción Acuicola de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la U.N.A.M. con los siguientes objetivos:

1. Evaluar si existe efecto positivo en peso al suministrar intramuscularmente somatotropina recombinante bovina en tilapias.
2. Obtener la dosis de somatotropina recombinante bovina a la que existe mayor crecimiento de las tilapias
3. Evaluar el crecimiento de las tilapias con una sola aplicación de somatotropina recombinante bovina en un lapso de ocho semanas, comparándolas con un lote sin tratar, con y sin control de temperatura.
4. Evaluar la ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia, en el grupo tratado con somatotropina recombinante bovina comparándolo con el lote testigo, con control y sin control de temperatura.
5. Observar posibles efectos histopatológicos, en diferentes órganos por el uso de la somatotropina.
6. Determinar la composición corporal de proteína y extracto etéreo mediante el análisis químico proximal, tanto de los peces tratados como de los peces no tratados.
7. Determinar posibles diferencias en índices orgánicos al final del trabajo.

HIPÓTESIS

La somatotropina recombinante bovina incrementa el crecimiento y mejora la conversión alimenticia de las tilapias sin producir efectos nocivos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se llevaron a cabo cuatro experimentos: Experimento 1, Determinación de la dosis de la somatotropina recombinante bovina en tilapias; Experimento 2, Evaluación del efecto de la somatotropina recombinante bovina en el crecimiento de la tilapia sin control de temperatura, Experimento 3, Evaluación del efecto de la somatotropina recombinante bovina en el crecimiento de la tilapia con control de la temperatura 21-24°C y Experimento 4, Evaluación del efecto de la somatotropina recombinante bovina en el crecimiento de la tilapia con temperatura controlada 25-27°C.

EXPERIMENTO 1.

Se utilizaron 72 tilapias juveniles del híbrido *Oreochromis mossambicus* X *Oreochromis niloticus*, de 5 a 12 gramos, procedentes de la granja piscícola de Zacatepec, Estado de Morelos, desparasitadas con praziquantel, las que se ubicaron en 24 peceras con 3 peces en cada una; cada pecera de 40 litros de capacidad fue provista con agua de clorada y aireación de 2 000 cc/min. El agua se cambiaba en un promedio del 25% diariamente, para reducir la concentración de amonio y cada semana se hacía del 100%.

Los organismos se marcaron con tinta india subcutáneamente para una identificación individual. Cada semana se pesaron las tilapias (con una balanza electrónica Ohaus digital con escala de 0.01 gramos), para llevar registro individual de aumento de peso de cada una y proporcionar la cantidad de alimento en cantidad del 2.5% de su peso vivo.

Las 24 peceras se distribuyeron en 6 tratamientos, conforme a un diseño completamente al azar, con 4 réplicas cada uno, a los que se les aplicó la somatotropina recombinante bovina en una sola dosis por vía intramuscular de la siguiente manera:

Tratamiento 1: 7.55 µg de somatotropina recombinante bovina por gramo de pez.

Tratamiento 2: 5 µg de somatotropina recombinante bovina por gramo de pez.

Tratamiento 3: 2.5 µg de somatotropina recombinante bovina por gramo de pez.

Tratamiento 4: 1.25 µg de somatotropina recombinante bovina por gramo de pez.

Tratamiento 5: 0.625 µg de somatotropina recombinante bovina por gramo de pez.

Tratamiento 6: Testigo al que se le aplicó únicamente el vehículo de la somatotropina (aceite de ajonjolí) en una dosis de 0.2 mililitros por pez.

La dieta que se les suministró (Cuadro 1) estuvo constituida de: harina de pescado, harina de carne, trigo, pasta de soya, pasta de girasol, premezcla de vitaminas y minerales y un aglutinante. Conteniendo 35% de proteína cruda, 4.5% de extracto etéreo y 6% de fibra cruda. El alimento balanceado fue procesado en el Departamento de Especies Productivas No Tradicionales, Área Producción Acuícola de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootécnia de la U.N.A.M., cubriendo las necesidades nutricionales de la especie (NRC, 1993). La duración fue de ocho semanas.

Al finalizar la investigación los resultados de peso de los seis tratamientos se analizaron por medio de curvas de regresión y comparación de pendientes para definir la mejor dosis. Primero se realizó el análisis de varianza para ver diferencia entre tratamientos y posteriormente con T de Dunnet para poder observar entre que tratamientos existe la diferencia.

EXPERIMENTO 2

Se utilizaron 180 tilapias híbridas (*Oreochromis mossambicus X O. niloticus*) con un peso promedio de 14 gramos, procedentes de la granja de tezontepec, Estado de Morelos, desparasitadas con prazicuantel en dosis de 50 miligramos por kilogramo de pez, mezclado en el alimento, durante tres días, los peces se marcaron individualmente, con pintura acrílica subcutáneamente para una identificación individual (de acuerdo a un mapeo establecido previamente, como se observa en la figura 1) como lo sugiere Banegal, (1963). Las tilapias se lotificaron por medio de un diseño completamente al azar en dos tratamientos de 30 peces cada uno, con población mixta machos y hembras, con tres réplicas cada uno, colocándose en tinas de fibra de vidrio de 600 litros de capacidad, provistas de agua potable declorada con tiosulfato de sodio, a temperatura ambiente (18-21° C), con una aireación proporcionada por bombas Elite 801, con una capacidad de bombeo de 2 000 cc/min. Los peces fueron alimentados con la misma dieta que se ofreció en el Experimento 1, recibiendo el 2% de su biomasa a lo largo de la investigación.

El tratamiento 1 recibió una sola dosis de somatotropina recombinante bovina de 5 microgramos, por gramo de pez por vía intramuscular, y el tratamiento 2 (testigo) recibió una sola inyección del vehículo de la somatotropina recombinante bovina (aceite de ajonjolí) de 2 mililitros, por la misma vía.

Durante ocho semana se pesaron las tilapias (con una balanza electrónica Ohaus digital con escala de 0.01 gramos), para llevar registro de aumentos de peso de cada una y proporcionar la cantidad de alimento adecuada. Al término del bioensayo (8 semanas) se sacrificaron por demedulación 8 peces por tratamiento para analizar: índices orgánicos de tracto gastrointestinal, bazo, gónadas e hígado con la fórmula siguiente: índice orgánico = peso del órgano / peso del pez X 100, posteriormente se tomó el paquete gastrointestinal, hígado, bazo, riñón, gónadas y columna vertebral, se fijaron en formol buferado y se procesaron por inclusión en parafina, utilizándose la tinción de hematoxilina-eosina y Sudán para el estudio histopatológico. A las canales restantes se les determinó la cantidad de proteína, grasa y humedad.

Los resultados de crecimiento se analizaron por medio de ecuaciones de regresión y comparación de pendientes por medio de análisis de varianza a lo largo de las ocho semanas de la investigación, Conversión alimenticia, consumo de alimento y cantidad de proteína y grasa se analizaron por medio de análisis de varianza, los resultados de mortalidad e índices orgánicos se midieron por medio de análisis de Chi-cuadrada y los resultados de los análisis histopatológicos por medio de probabilidad exacta de Fisher (Dixon and Wassey, 1951).

EXPERIMENTO 3.

Se utilizaron 180 tilapias híbridas (*Oreochromis mossambicus* X *O. niloticus*) con un peso promedio de 14.2 ± 2.7 gramos, procedentes de la granja piscícola de Zacatepec, del Estado de Morelos, después de tres semanas de aclimatación se desparasitaron con prazicuantel en dosis de 50 miligramos por kilogramo de pez, mezclado en el alimento, durante tres días, los peces se marcaron individualmente, con pintura acrílica subcutáneamente para una identificación individual (de acuerdo a un mapeo establecido previamente, como se observa en la figura 1) como lo sugirió Banegal, (1963). Las tilapias se colocaron según el arreglo completamente al azar en dos tratamientos de 30 peces cada uno, en una población mixta machos, hembras, con tres réplicas cada uno, colocándose en tinas de fibra de vidrio de 600 litros de capacidad, provistas de agua potable declorada con tiosulfato de sodio, y calentada mediante calentadores eléctricos, obteniéndose una temperatura de 21 a 24° C, así mismo se arrearon con bombas Elite 801 con una capacidad de bombeo de 2 000 cc/min., las tinas se colocaron en una

estructura de tipo invernadero, para mantener la temperatura constante. El tratamiento 1 recibió una inyección única de somatotropina recombinante bovina, por vía intramuscular de 5 microgramos por gramo de pez y al tratamiento testigo se le aplicó una inyección de aceite de ajonjolí, vehículo de la somatotropina. Los peces recibieron el 2.5% de su biomasa en alimento durante las 8 semanas que duró la investigación, el alimento fue el mismo que el empleado en los Experimentos 1 y 2 (Cuadro 1). Durante ocho semanas se pesaron las tilapias (con la misma balanza electrónica de los experimentos anteriores), y se ajustó la cantidad de alimento ofrecido. Diariamente, se realizó el recambio del 50% del agua; para lo cual, el agua utilizada se calentaba y clorada previamente. Cada semana se tomaban parámetros fisicoquímicos del agua (oxígeno, nitritos, nitratos, amonio, pH), y se lavaban las tinas, los peces que murieron durante la investigación se reemplazaron por otros de pesos similares para mantener la misma competencia de alimento y espacio y no se tomaron en cuenta para el análisis estadístico. Al finalizar el experimento (8 semanas), se sacrificaron 8 peces por tratamiento para analizar: índices orgánicos de tracto gastrointestinal, bazo e hígado, los que se analizaron estadísticamente por medio de Chi-cuadrada, posteriormente se tomó el paquete gastrointestinal, hígado, bazo, riñón, gónadas y columna vertebral, se fijaron en formol buferado y se procesaron por inclusión en parafina, utilizándose la tinción de hematoxilina-eosina y Sudán para el estudio histopatológico. A las canales restantes se les determinó la cantidad de proteína, grasa y humedad, analizándolas por medio de análisis de varianza. Los resultados de crecimiento a lo largo de la investigación se analizaron por medio de ecuaciones de regresión y comparación de pendientes.

EXPERIMENTO 4.

Se utilizaron 180 tilapias híbridas (*Oreochromis mossambicus* X *O. niloticus*) con un peso promedio de 16.1 ± 2.1 gramos, procedentes de la granja piscícola de Zacatepec, del Estado de Morelos, después de tres semanas de aclimatación se desparasitaron con prazicuantel en dosis de 50 miligramos por kilogramo de pez, mezclado en el alimento, durante tres días, los peces se marcaron individualmente, con pintura acrílica subcutáneamente para una identificación individual (de acuerdo a un mapeo establecido previamente, como se observa en la figura 1) como lo sugirió Banegal, (1963). Las tilapias se lotificaron en un diseño experimental completamente al azar, en dos

tratamientos de 30 peces cada uno, en una población mixta de machos y hembras, con tres réplicas cada uno, colocados en estanques de fibra de vidrio de 600 litros de capacidad, provistos de agua potable de clorada con tiosulfato de sodio, y calentada mediante calentadores eléctricos con termostato, obteniéndose una temperatura de 25 a 27° C, así mismo se arrearon con bombas Elite 801 con una capacidad de bombeo de 2 000 cc/min., los estanques ubicados al aire libre, se taparon por las noches con plástico, para mantener la temperatura constante. El tratamiento 1 recibió una inyección única de somatotropina recombinante bovina, por vía intramuscular de 5 microgramos por gramo de pez y al tratamiento testigo se le aplicó una inyección de aceite de ajonjolí, vehículo de la somatotropina. Los peces recibieron el 3.0% de su biomasa en alimento durante las 8 semanas que duró la investigación, el alimento fue el mismo que el empleado en los Experimentos 1, 2 y 3 (Cuadro 1). Cada semana se pesaron las tilapias en la misma forma que en los experimentos anteriores, y se ajustó la cantidad de alimento ofrecido. Diariamente, se realizó el recambio del 10% del agua; para esto, el agua utilizada se calentaba y de cloraba previamente. Cada semana se tomaban parámetros fisicoquímicos del agua (oxígeno, nitritos, nitratos, amonio, pH), y se lavaban los estanques, los peces que murieron durante la investigación se reemplazaron por otros de pesos similares y no se tomaron en cuenta para los datos estadísticos. Al finalizar el experimento (8 semanas), se sacrificaron 8 peces por tratamiento para analizar los índices orgánicos de tracto gastrointestinal, bazo e hígado, posteriormente, el paquete gastrointestinal, hígado, bazo, riñón, gónadas y columna vertebral, se fijaron en formol buferado y se procesaron por inclusión en parafina, utilizándose la tinción de hematoxilina-eosina y Sudán para en análisis histopatológico. A las canales restantes se les determinó la cantidad de proteína, grasa y humedad.

Los resultados de crecimiento se analizaron por medio ecuaciones de regresión y comparación de pendientes por medio de análisis de varianza a lo largo de las ocho semanas, incrementos de peso, conversión alimenticia, consumo de alimento, cantidad de proteína, grasa y humedad se analizaron por medio de análisis de varianza, Los resultados de mortalidad e índices orgánicos se manejaron por medio de un análisis de Chi cuadrada y los resultados de los análisis histopatológicos por medio de probabilidad exacta de Fisher (Dixon and Wassey, 1951).

RESULTADOS

EXPERIMENTO 1

Los resultados del Experimento 1, están resumidos en el Cuadro 2 donde se muestran los promedios de peso semanales de los peces con las diferentes concentraciones de somatotropina, observándose los incrementos de peso desde la primera semana con crecimientos de 0.8 gramos en el grupo testigo y 0.8, 1.2, 0.8, 1.8 y 1.5 gramos para las dosis de 0.625, 1.25, 2.5, 5.0 y 7.5 microgramos por gramo de peso respectivamente, haciéndose notar que el mayor incremento de peso con los peces que recibieron la dosis de 5 microgramos por gramo la hormona desde la primera semana, mayor crecimiento que se manifestó durante las ocho semanas de la investigación.

Al realizarse los análisis de regresión y la comparación de pendientes con el análisis de varianza, se observaron diferencias significativas con las diferentes dosis ($P < 0.01$) y al hacerse el análisis de T de Dunnet se distinguieron las diferencias entre los grupos (Cuadro 3), siendo la dosis de 5 microgramos la de mayores diferencias significativas, aunque, a partir de 1.25 microgramos ya existen diferencias significativas al compararse con el testigo. En la figura 2 se muestran las curvas de regresión entre la dosis 5 y el grupo testigo.

EXPERIMENTO 2

En la Figura 3 se muestran los pesos promedios semanales en gramos de los tratamientos con y sin somatotropina a lo largo de ocho semanas, observándose mayor incremento de peso en el grupo al que se le aplicó la hormona desde la primera semana de la investigación, haciéndose la diferencia más grande en las siguientes semanas.

Con los datos de peso promedio semanal, se obtuvieron las regresiones lineales semanales, ilustrándose solamente a la quinta (semana en donde se observó la mayor diferencia) y a la octava semana en la figura 4 y 5 respectivamente. Hasta la quinta semana se obtuvo la ecuación $Y = 12.14 + 1.13X$ para en tratamiento con somatotropina con 0.07 de coeficiente de correlación y 6.99 de error estándar y $Y = 10.54 + 0.74X$ para el que no recibió la hormona con 0.085 de coeficiente de correlación y 4.16 de error estándar. Al analizarse por comparación de pendientes de su obtuvieron diferencias significativas ($P < 0.01$) entre los tratamientos. A la octava semana figura 5. Se observa las regresiones lineales de las ecuaciones $Y = 11.29 + 1.45X$ con 0.072 de coeficiente

de correlación y error estándar de 8.85 en las tilapias tratadas con la somatotropina y $Y = 10.71 + 1.06X$ con 0.0213 de coeficiente de correlación y 5.25 de error estándar en el grupo testigo. Al analizarse las pendientes de las ecuaciones de regresión de los crecimientos se observó diferencias significativas ($P < 0.01$) entre los dos grupos.

En el Cuadro 4 están contenidos los resultados comparativos de los parámetros obtenidos con y sin somatotropina, en cuanto al consumo de alimento a la quinta semana, éste fue mayor para los peces tratados consumiendo en promedio 45.47 gramos más de alimento, siendo esta consecuencia del mayor peso en gramos del grupo. A la octava semana el consumo de alimento acumulado sigue siendo mayor para los peces a los que se les aplicó la hormona. La conversión alimenticia a la quinta semana fue de 2:1 y 2.2:1 y en la octava del 1.7:1 y 1.9:1 para los tratamientos con y sin somatotropina siendo estadísticamente iguales. En cuanto a la mortalidad acumulada a la octava semana a pesar de ser doble en el grupo al que no se le aplicó la hormona (6 y 12), esta diferencia no fue significativamente diferente ($P < 0.05$).

En el Cuadro 5 se observan los datos comparativos de humedad, proteína cruda en base seca, extracto etéreo en base seca de la canal de los peces de ambos lotes, los dos últimos parámetros no muestran diferencias estadísticas ($P > 0.05$), y con respecto a los datos de humedad se encontró mayor cantidad de agua en las canales de los peces a los que se les aplicó la hormona (1.51 %), siendo esta diferencia significativa ($P < 0.05$).

En cuanto a los resultados de los índices orgánicos (cuadro 6), indican similitudes en el tracto gastrointestinal (4.32 para los peces tratados y 5.05 para los testigos), en bazo (0.23 y 0.21 para los peces con y sin somatotropina), e hígado (1.37 y 1.40 para los peces tratados y testigos) y diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) solamente en gónadas, siendo mayor el tamaño en peces que recibieron la hormona (1.25), que en los peces de los grupos testigos (0.52) sin embargo al no estar las gónadas maduras no se pudieron distinguir los sexos.

En las observaciones histológicas de las branquias, músculo, intestino, hígado, bazo, riñón, gónadas y columna vertebral, mostraron estructuras normales y solo arrojaron quistes de parásitos no atribuidos a la investigación, aunque los peces se desparasitaron con praziquantel al inicio del bioensayo, éste no actúa a nivel de quistes de parásitos.

EXPERIMENTO 3

En la Figura 6, se muestran los pesos promedios semanales en gramos donde se observa que los peces que recibieron la inyección de la hormona tuvieron mayor crecimiento desde la primera semana, con la mayor diferencia a la semana quinta, disminuyendo ligeramente en las semanas siguientes, aumentando nuevamente en la octava semana de la investigación.

Hasta la quinta semana (figura 7) el análisis de regresión mostró la ecuación para el tratamiento con somatotropina fue: $y=15.72+2.64x$, con un coeficiente de correlación de 0.98, 0.77 de error estándar y $R^2=96.43\%$ y para el tratamiento sin somatotropina $y=14.29+2.42x$, con un coeficiente de correlación de 0.98, 0.65 de error estándar y $R^2=96.92\%$. Siendo las pendientes diferentes ($P < 0.05$).

A la octava semana (figura 8) las regresiones fueron: $y=15.98+2.67x$ y $14.54+2.44x$, coeficientes de correlación de 0.20 y 0.46, error estándar de 13.44 y 6.82, para los tratamientos con y sin somatotropina respectivamente. Siendo las pendientes similares para los tratamientos con y sin somatotropina ($P > 0.05$).

Los efectos comparativos de los parámetros consumo de alimento, conversión alimenticia y mortalidad acumulada obtenidos con y sin somatotropina están resumidos en el Cuadro 7, en donde el consumo de alimento resultó ser 40.28 gramos mayor en los peces a los que se les aplicó la hormona, siendo el resultado de su mayor peso y reflejándose en la conversión alimenticia mejor (1.08:1), que en el grupo testigo (1.19:1) con diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$). Los consumos de alimento a la octava semana continuaron siendo mayores para el grupo tratado que consumió 74.73 gramos más con un aprovechamiento de alimento similar en ese periodo de tiempo. La mortandad acumulada a la octava semana fue mayor en los peces del tratamiento testigo ($P=0.05$), ya que resultó el doble que en los peces del tratamiento a los que se les aplicó la hormona.

En el Cuadro 8 se observan los resultados comparativos del análisis de humedad, grasa y proteína cruda en los peces tratados con y sin somatotropina, no mostrando diferencias significativas ($P > 0.05$), en ninguno de los parámetros analizados.

Los resultados comparativos de los índices orgánicos se pueden observar en el Cuadro 9, no encontrando diferencias significativas ($P > 0.05$), en el tracto gastrointestinal, bazo e hígado.

En las observaciones al microscopio de las branquias, músculo, intestino, hígado, bazo,

riñón, gónadas y columna vertebral, solo arrojaron quistes de parásitos no atribuidos a la investigación, aunque los peces se desparasitaron con prazicuantel al inicio del bioensayo, quizá debido a que el prazicuantel no actúa a nivel de quistes de parásitos.

EXPERIMENTO 4

En la Figura 9, se muestran los incrementos de peso semanales en gramos donde se observa que los peces que recibieron la inyección de la hormona tuvieron mayor crecimiento desde la primera semana, con la mayor diferencia a la semana quinta y disminuyendo ligeramente en las últimas semanas de la investigación.

A la quinta semana después de aplicada la hormona se obtuvo la mayor diferencia en el análisis de la regresión lineal, el cual se ilustra en el figura 10, el crecimiento pudo ser explicado con la siguiente ecuación de regresión lineal para el tratamiento con somatotropina $y = 15.79 + 3.26 x$, con un coeficiente de correlación de 0.99, 0.49 de error estándar y $R^2 = 99.31\%$ y para el tratamiento sin somatotropina $y = 15.80 + 2.73 x$, con un coeficiente de correlación de 0.99, 0.47 de error estándar y $R^2 = 99.08\%$. Al analizar la comparación de las pendientes por el análisis de varianza se obtuvieron diferencias significativas ($P < 0.05$). Y en la octava semana las regresiones fueron: $y = 14.31 + 3.78 x$ y $y = 13.99 + 3.6 x$, coeficientes de correlación de 0.92 y 0.94, error estándar de 2.92 y 2.22, así como $R^2 = 96.35\%$ y 94.81% para los tratamientos con y sin somatotropina respectivamente. En la comparación de la pendiente a la octava semana se obtuvo por análisis de varianza probabilidad de ($p = 0.050$).

Los efectos comparativos de los parámetros de consumo de alimento. Conversión alimenticia y mortalidad acumulada obtenidos con y sin somatotropina están resumidos en el Cuadro 10, el consumo de alimento, resultó ser 53.0 gramos mayor en los peces a los que se les aplicó la hormona, con un resultado mayor en el peso lo que se reflejó en la conversión alimenticia la cual fue mejor (1.46:1), que en el grupo control (1.58:1) sin diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$). Los consumos de alimento a la octava semana continúan siendo mayores para el grupo tratado que consumió 72.0 gramos mas con un aprovechamiento de alimento similar en ese periodo de tiempo. La mortandad acumulada a la octava semana fue mayor en los peces del tratamiento testigo ($P = 0.5$), ya que resultó el doble que en los peces del tratamiento a los que se les aplicó la hormona.

En el Cuadro 11 se observan los resultados comparativos del análisis de humedad, grasa

y proteína cruda en los peces tratados con y sin somatotropina, no mostrando diferencias significativas ($P > 0.05$), en ninguno de los parámetros analizados.

Los resultados comparativos de los índices orgánicos se pueden observar en el Cuadro 12, no encontrando diferencias significativas ($P > 0.05$), en el tracto gastrointestinal, bazo e hígado entre tratamientos.

En las observaciones microscópicas de las branquias, músculo, intestino, hígado, bazo, riñón, gónadas y columna vertebral, solo arrojaron quistes de parásitos no atribuidos a la investigación.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en los cuatro experimentos del presente trabajo indican que existe respuesta positiva al crecimiento con la administración de somatotropina recombinante bovina, al observarse mayores pesos desde la primera semana incrementándose hasta la quinta, después de la cual disminuyen en comparación con el grupo testigo. No se encontraron trabajos similares con tilapias en los que se hayan detectado resultados con los que se puedan comparar el mayor crecimiento obtenido por la administración de una hormona exógena. Sin embargo Martínez *et al.* (1995) encontraron mayores crecimientos en tilapias a las cuales se les aplicó transgénicamente la hormona del crecimiento de tilapia a los huevecillos; así mismo Fryer and bern (1979) observaron que la hormona del crecimiento de tilapia es biológicamente activa en salmón (*Oncorhynchus nerka*), donde además de acelerar el crecimiento, facilitó la adaptación de los juveniles al agua marina, sin embargo en el mismo estudio, sugiere que la hormona del crecimiento de tilapia puede ser diferente a la del salmón; en éste sentido Hong y Schartl (1996) indican que la hormona del crecimiento de la tilapia y del salmón son diferentes a las de las carpas.

Si bien no hay investigaciones similares en tilapias, si existen en otros peces teleósteos donde se han empleado diferentes somatotropinas y se han obtenido buenos resultados no solamente en crecimiento, sino también en la adaptación al medio ambiente como lo señalan Down *et al.* (1988) y McLean *et al.* (1990) quienes utilizaron somatotropina recombinante bovina en salmón coho (*Oncorhynchus kisutch*). Moriyama *et al.* (1993) usaron somatotropina recombinante de salmón en trucha arcoiris, (*Oncorhynchus mykiss*); McLean *et al.* (1992) y McLean *et al.* (1994) usando somatotropina recombinante porcina en salmón coho (*Oncorhynchus kisutch*); Seddiki *et al* (1996), usando hormona del crecimiento ovina en salmón del Atlántico (*Salmo salar*); Zhang 1993 aplicando somatotropina recombinante de atún en crías de carpa espejo (*Cyprinus carpio var specularis*); Macari *et al.* (1994), usaron somatotropina recombinante humana en juveniles de tacambu (*Piaractus mesopotamicus* X *Colossoma macropomus*); Cavari *et al.* (1993)a, observaron mayores incrementos de peso en *Sparus aurata* con hormona del crecimiento de humanos y bovinos y menores con hormonas de porcinos y aves.

Ese mismo efecto positivo se ha observado en animales terrestres a la aplicación de hormonas de otros animales como lo informa Byatt (1991) usando somatotropina recombinante bovina en ratas, Cravener *et al.* (1989) usaron somatotropina recombinante aviar en pollos de engorda; Mac Rae *et al.* (1991) utilizaron somatotropina recombinante bovina en corderos y Ocampo y Sumano (1995) emplearon somatotropina recombinante bovina en vaca lechera.

Los resultados anteriormente expuestos se explican por las investigaciones hechas por Nagano *et al.* (1994), donde al analizar la somatotropina del salmón yamame encontraron que es un péptido de 188 aminoácidos en el código natural y 22 aminoácidos residuales en un péptido señal, observando homología en 98.99% con la hormona del crecimiento de trucha, 98.9 % con la hormona del salmón chum, 95.7% con la hormona del salmón coho y solo 70.1% con la hormona del atún song *et al.* (1993) observaron que la hormona del crecimiento del salmón chinook también tenía 188 aminoácidos; Lemaire *et al.* (1994) determinaron que la hormona del pez gato gigante (*Pangasianodon gigas*), es un péptido de 200 aminoácidos que incluye una señal de 22 aminoácidos; Hong y Scharl (1992), encontraron que la hormona del crecimiento de la carpa plateada (*Hypophthalmichthys molitrix*), es un péptido de 110 aminoácidos que incluye una señal de 22 aminoácidos y que ésta muestra una homología del 95% con la hormona de la carpa espejo, así mismo Martínez *et al.* (1995) observaron paralelismo de acción entre la hormona del crecimiento de la brema marina (*Sparus aurata*), salmón y trucha arcoiris.

Para la dosis empleada en el Experimento 1, se tomaron en cuenta las dosis usadas por Down *et al.* (1988) quienes aplicaron la hormona en implantes con dosis de 0.5 y 5 μg por gramo de biomasa por semana y McLean *et al.* (1990) quienes aplicaron 2.5 μg de somatotropina recombinante bovina por gramo de paso cada semana por vía intraperitoneal; tomándose como base 2.5 μg con dos tratamientos menores (1.25 y 0.626 μg) y dos mayores (5 y 7.5 μg), la dosis a la cual se obtuvo los mejores resultados fue de 5 μg , la que resultó ser similar a la encontrada por Fine 1996 en carpa común, menor a la que Seddiki *et al.* (1996) que observaron mayores crecimientos en salmón del Atlántico con 7 μg y mayor a las empleadas por Macari *et al.* (1994) 4 μg en el pez tacambu y Ishioka *et al.* (1992) (1 μg) en brema roja marina.

Esta dosis también es similar a la usada en animales terrestres como la empleada en ratas por Byatt (1991), donde aplicó de 0.19 a 5 µg al día.

Han sido usadas varias vías de administración para la aplicación de la hormona del crecimiento, como es la vía oral (McLean *et al*, 1990; Down *et al*, 1989; Zhang *et al*, 1993); intramuscular (McLean *et al*, 1990); intraperitoneal (Down *et al*, 1992; Zhang *et al*, 1993). Sin embargo, Ishioka *et al*. (1992) encontraron que tanto la vía intramuscular e intraperitoneal la hormona aparecía rápidamente en sangre pero la aplicación intramuscular tuvo mayor tiempo de retención.

En los Experimentos 2, 3 y 4 la diferencia en los resultados que se obtuvieron en el crecimiento son atribuidos a la diferencia de temperatura entre los experimentos, ya que fue la única variable diferente entre ellos. La temperatura fluctuó entre 18 y 21° C, de 21 a 24° C y de 25 a 27°C en los Experimentos 2, 3 y 4 respectivamente, a pesar de que en el experimento 2 la temperatura, está en el rango menor deseable para la tilapia, se demostró el efecto positivo de la hormona sobre el crecimiento de los peces. Existen una gran variedad de trabajos en los que se indica que el crecimiento en los animales poiquiloterms es dependiente de la temperatura (Down *et al*, 1989; Fryer y Bern, 1979; Berglund *et al*, 1991).

Así mismo Fryer y Bern, (1979); Ayson *et al*, (1993) y Martem'yanov (1994), citaron que la respuesta del crecimiento con la hormona exógena es temperatura-dependiente, sugiriendo que la temperatura puede alterar los niveles de correspondencia, e indica que los grados de crecimiento de tejidos individuales, órganos y parte del cuerpo pueden ser diferencialmente influenciados por las variaciones del medio ambiente.

Sin embargo, Down *et al*, (1989); Björnsson *et al*, (1987) y Björnsson *et al*, (1989) señalan que los efectos inhibitorios del crecimiento por la temperatura y el fotoperiodo son vencidos por tratamientos con somatotropina ya que la hormona acelera la actividad metabólica. Seddiki *et al*, (1996) y Björnsson *et al*. (1987); Kuz'mina (1989), observaron que en la adaptación hay mayor actividad de la enzima ATPasa (Na⁺ K⁺) en branquias y por lo tanto mayor retención de oxígeno.

Además a parte de un menor crecimiento, otro efecto atribuido a la temperatura fue la mortandad ya que los peces sin hormona mostraron menos resistencia a las bajas temperaturas observadas en el Experimento 2.

El efecto de la hormona en el incremento de peso se observó desde la primera semana,

haciéndose más evidente en la quinta semana, siendo en los peces del Experimento 2 6.23% mayor y en el mismo intervalo de tiempo en el Experimento 3 de 16.41% más que en los grupos testigos. Cavari *et al.* (1993) a utilizando *Sparus aurata* a los que se le aplicó hormona del crecimiento humana y bovina obtuvo crecimientos mayores de 6 y 13% respectivamente. Garber *et al.* (1995) utilizando somatotropina recombinante bovina en trucha arcoiris mejoraron la ganancia diaria de peso 8.1% del día 0 al 56; McLean *et al.* (1992) obtuvieron crecimientos mayores en el orden del 37 al 83% en seis meses de aplicación de somatotropina recombinante bovina en salmón coho.

En todas las investigaciones realizadas después de obtener un máximo crecimiento a la quinta semana, a los peces a los que se les aplicó la hormona, éste disminuyó paulatinamente llegando a ser no estadísticamente significativo, este parámetro no puede ser ampliamente discutido ya que en la literatura revisada las investigaciones son terminadas una semana después de la última aplicación de la hormona. McLean *et al.* (1992) y McLean *et al.* (1994) al usar somatotropina recombinante porcina en implantes durante seis meses y dos años respectivamente, observaron disminuciones de crecimiento en todos los grupos en comparación al control después de la decimosexta semana en la primera investigación y de la vigesimasexta semana en la segunda, atribuyéndoselo a que el implante había sido absorbido antes del tiempo previsto.

Resultados similares fueron observados por Down *et al.* (1988), donde después de la aplicación por ocho semanas de la hormona suspendió su administración el crecimiento se hizo no significativo aduciendo la respuesta a que una vez saturados los receptores, el exceso de la hormona es metabolizado.

Las conversiones alimenticias en los experimentos 2, 3 y 4 a la quinta semana se ven favorecidas por el tratamiento como resultado del mayor incremento de peso hasta ese momento, sin embargo, a la octava semana esta se ve invertida en los experimentos 2 y 3 y similar en el 4, sin ser estadísticamente diferente en los dos intervalos de tiempo. Este parámetro no es consistente con los trabajos realizados por diversos investigadores, como lo muestran: Ishioka *et al.* (1992); Zhang (1993); Johnsson Bjönsson, (1994), donde no obtuvieron efectos estadísticamente significativos, sin embargo, Seddiki *et al.* (1996), observan un mayor consumo de alimento para los peces tratados, en contraste con Garber *et al.* (1995), donde el consumo de alimento en peces con somatotropina fue menor que los testigos, éste mayor consumo es un reflejo del mayor peso en las primeras

semanas y la aportación de la cantidad de alimento que está en relación con el peso corporal semanal.

En los resultados comparativos de humedad, grasa y proteína cruda solo se observaron diferencias en el Experimento 2 en el la humedad; sin embargo, Chatakondi *et al* (1995) con carpas transgénicas a las que se les inyectó el gen de la somatotropina de la trucha arcoiris mostraron mayor contenido de proteína cruda y menor contenido de grasa cruda y de humedad. Garber *et al.* (1995), obtuvieron reducción de materia seca y grasa pero aumento de cenizas, no habiendo diferencias significativas en proteína cruda. Macari *et al.* (1994), no encontraron ninguna diferencia en la composición de la canal al aplicar dosis de 0, 2, y 4 microgramos por gramo de somatotropina recombinante humana, dos veces por semana durante seis semanas en peces tacambu.

En los índices orgánicos de los experimentos 2, 3 y 4, se encontraron diferencias significativas solamente en gónadas del Experimento 2 aunque no se pudieron diferenciar los sexos, resultados comparables con los trabajos de Melamed *et al.* (1995) donde en condiciones naturales observaron un perfil errático de la hormona del crecimiento con relación a la época de reproducción con un incremento de la hormona después de una exposición a esteroides. Halloway y Leatherland (1997) encontraron que en la madurez sexual existe una mayor concentración de la hormona del crecimiento debido a cambios esteroides gonadales. Huggard *et al.* (1996) mencionan que la testosterona y el 11 beta-hidroxi-androesterona aumenta significativamente la producción de la hormona del crecimiento y Degani *et al.* (1996) indican que la hormona del crecimiento de la carpa aumenta cuando la lipoproteína aparece en el citoplasma del ovocito pero disminuye cuando el ovocito esta en vitelogenénesis. Chmilevskity (1995) encontró que la temperatura reducida (20-21°C) causan en tilapias cambios morfológicos en el núcleo del ovocito previtelogénico que van acompañados de un retardo del crecimiento del ovocito, cuando la temperatura aumenta, existe un crecimiento compensatorio de las gónadas al mismo tiempo que el crecimiento compensatorio del pez. En cuanto a los demás índices orgánicos Sun *et al.* (1992), observaron que la inyección de la hormona del crecimiento bovina en robalo híbrido rayado incremento la masa intestinal después de un tratamiento largo con mayor número de transportadores celulares de aminoácidos y mayor absorción de éstos. McLean *et al.* (1992) y McLean *et al.* (1994) observaron que después de seis y veinticuatro meses de

CUADRO 1. COMPOSICIÓN DE LA DIETA PARA LOS PECES EMPLEADOS

HARINA DE PESCADO	25%
HARINA DE CARNE	5%
HARINA DE TRIGO	42%
PASTA DE SOYA	19%
PASTA DE GIRASOL	5%
FOSFATO DICALCICO	1%
PREMEZCLA DE VITAMINAS	1%
PREMEZCLA DE MINERALES	1%
LIGANTE	1%
ANALISIS DETERMINADO	
Proteína cruda	35.0%
Extracto etéreo	4.5%
Fibra cruda	6.0%

Contenido de la mezcla vitamínica: Vitamina A 500 UI, Vit. D 225 000 UI, Vit. E 50 000 UI, Vit. K 6 ppm, riboflavina 4 ppm, ac. Pantoténico 20 ppm, niacina 10 ppm, B12 0.01 ppm, colina 100 ppm, biotina 0.15 ppm, tiamina 1ppm, piridoxina 3 ppm, ac fólico 1ppm y Vit C 50 ppm.

Premezcla de minerales: magnesio 24 %, zinc 23 %, fierro 8 %, yodo 0.5% y cobalto 0.2 %

CUADRO 2. PROMEDIOS SEMANALES DE PESO Y DESVIACIONES ESTANDAR DE PECES CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE SOMATOTROPINA (EXPERIMENTO 1).

SEM/DOSIS	7.5 µg/g	5.0 µg/g	2.5 µg/g	1.25 µg/g	0.625µg/g	0.0 µg/g
0	8.0 ± 1.3	8.1 ± 1.1	8.4 ± 1.1	8.0 ± 1.7	7.5 ± 1.6	8.4 ± 1.6
1	9.5 ± 1.7	9.9 ± 1.4	9.2 ± 1.3	9.2 ± 2.1	8.3 ± 1.9	9.2 ± 1.7
2	10.0 ± 1.8	10.9 ± 1.5	10.1 ± 1.4	10.3 ± 2.4	8.8 ± 1.9	9.6 ± 1.7
3	10.7 ± 1.9	11.6 ± 1.6	10.7 ± 1.8	11.1 ± 2.5	9.6 ± 2.3	10.3 ± 2.1
4	11.0 ± 1.9	11.8 ± 1.7	11.1 ± 1.9	11.5 ± 2.5	10.3 ± 2.3	10.6 ± 2.2
5	12.1 ± 2.2	12.4 ± 2.0	12.0 ± 2.7	12.6 ± 2.7	11.0 ± 2.5	11.2 ± 2.5
6	12.5 ± 2.4	12.9 ± 2.0	12.4 ± 2.7	12.9 ± 2.8	11.8 ± 2.7	11.4 ± 2.1
7	13.1 ± 2.4	13.3 ± 2.5	12.9 ± 2.7	13.0 ± 2.6	12.2 ± 2.4	11.6 ± 2.0
8	13.5 ± 2.5	13.7 ± 2.6	13.3 ± 2.6	13.3 ± 2.7	12.3 ± 2.5	11.8 ± 2.2

CUADRO 3. SIGNIFICANCIA ESTADISTICA OBTENIDA ENTRE LAS PENDIENTES DEL INCREMENTO DE PESO EN OCHO SEMANAS (EXPERIMENTO 1).

DOSIS	7,5	5	2.5	1.25	0.625
5	0.04 *				
2.25	0.91	0.024 *			
1.25	0.41	0.21	0.34		
0.625	0.00006 *	0.000000001*	0.00004*	0.004*	
0	0.0005*	0.000000003*	0.0003*	0.00001*	0.18

*diferencias estadísticas

CUADRO 4. PROMEDIOS GENERALES PARA CONSUMO DE ALIMENTO, CONVERSION ALIMENTICIA PROMEDIO Y MORTALIDAD ACUMULADA DE TILAPIAS CON Y SIN SOMATOTROPINA (EXPERIMENTO 2).

PARAMETROS	CON SOMATOTROPINA	SIN SOMATOTROPINA	PROBABILIDAD
CONSUMO DE ALIMENTO 5 SEM (g)	140.8	95.3	
CONVERSIÓN ALIMENTICIA 5 SEM	2	2.2	0.17
CONSUMO DE ALIMENTO 8 SEM (g)	255.2	172.9	
CONVERSIÓN ALIMENTICIA 8 SEM	1.9	1.7	0.09
MORTANDAD ACUMULADA	6	12	0.09

* = DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS (P<0.045)

CUADRO 5. CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD, PROTEINA TOTAL Y EXTRACTO ETereo EN LAS CANALES EN LOS PECES TRATADOS CON Y SIN SOMATOTROPINA (EXPERIMENTO 2).

PARAMETROS	CON SOMATOTROPINA	SIN SOMATOTROPINA	PROBABILIDAD
HUMEDAD	72.83 ± 0.58	71.32 ± 0.53	0.013
PROTEINA TOTAL (B. S. %)	60.29 ± 0.26	60.85 ± 1.1	0.22
EXTRACTO ETereo (B. S. %)	15.93 ± 0.72	16.01 ± 0.67	0.44

CUADRO 6. PROMEDIOS COMPARATIVOS DE ÍNDICES ORGANICOS EN PECES TRATADOS CON Y SIN SOMATOTROPINA EN PORCENTAJE (EXPERIMENTO 2).

PARAMETROS	CON SOMATOTROPINA	SIN SOMATOTROPINA	PROBABILIDAD
TRACTO GASTRO- INTESTINAL	4.32 ± 1.8	5.05 ± 0.96	< 0.28
BAZO	0.23 ± 0.08	0.21 ± 0.2	< 0.45
GONADAS	1.25 ± 0.51	0.52 ± 0.08	< 0.03
HIGADO	1.37 ± 0.07	1.4 ± 0.36	< 0.44

CUADRO 7. CONSUMO DE ALIMENTO, CONVERSION ALIMENTICIA Y MORTALIDAD ACUMULADA DE LAS TILAPIAS TRATADAS CON Y SIN SOMATOTROPINA (EXPERIMENTO 3).

PARAMETROS	CON SOMATOTROPINA	SIN SOMATOTROPINA	PROBABILIDAD	C. V. %
PESO PROMEDIO 5 SEM (g)	29.94 ± 5.5	26.33 ± 5.4		
PESO PROMEDIO 8 SEM (G)	38.12 ± 6.1	35.01 ± 7.2		
CONSUMO DE ALIMENTO 5 SEM (g)	15.6 *	14.2 *	< 0.001	0.48
CONSUMO DE ALIMENTO 8 SEM (g)	31.9 *	29.4 *	< 0.001	0.33
CONVERSIÓN ALIMENTICIA 5 SEM	1.08 *	1.19 *	< 0.015	1.65
CONVERSIÓN ALIMENTICIA 8 SEM	1.44	1.43	< 0.87	3.27
MORTANDAD ACUMULADA	1 *	2 *	< 0.5	

CUADRO 8. CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD, PROTEINA TOTAL Y EXTRACTO ETereo DE LAS CANALES DE PECES TRATADOS CON Y SIN SOMATOTROPINA (EXPERIMENTO 3).

PARAMETROS	CON SOMATOTROPINA	SIN SOMATOTROPINA	PROBABILIDAD	C. V. %
HUMEDAD	72.8	67.9	< 0.27	5.71
PROTEINA TOTAL (B. S. %)	60.28	60.8	< 0.51	1.46
EXTRACTO ETereo (B. S. %)	15.9	16.01	< 0.115	0.22

CUADRO 9. ÍNDICES ORGANICOS EN PORCENTAJE DE LOS GRUPOS TRATADOS CON SOMATOTROPINA Y EN LOS NO TRATADOS.

PARAMETROS	CON SOMATOTROPINA	SIN SOMATOTROPINA	PROBABILIDAD	C.V. %
TRACTO GASTRO-INTestinal	4.32	5.07	< 0.58	29.65
BAZO	0.24	0.22	< 0.87	66.17
HIGADO	1.37	1.41	< 0.91	22.24

CUADRO 10. PROMEDIOS GENERALES PARA CONSUMO DE ALIMENTO, CONVERSION ALIMENTICIA Y MORTALIDAD ACUMULADA DE LAS TILAPIAS TRATADAS CON Y SIN SOMATOTROPINA (EXPERIMENTO 4).

PARAMETROS	CON SOMATOTROPINA	SIN SOMATOTROPINA	PROBABILIDAD	C. V. %
PESO PROMESIO 5 SEM (g)	32.0	29.4		
PESO PROMEDIO 8 SEM (g)	49.0	46.8		
CONSUMO DE ALIMENTO 5 SEM (g)	701	648	0.091	3.16
CONSUMO DE ALIMENTO 8 SEM (g)	1376 *	1304 *	0.004	0.51
CONVERSION ALIMENTICIA 5 SEM	1.46	1.58	0.18	5.88
CONVERSION ALIMENTICIA 8 SEM	1.37	1.37	0.88	1.95
MORTANDAD ACUMULADA	1 *	2 *	0.5	

CUADRO 11. CONTENIDO DE ANALISIS DE HUMEDAD, PROTEINA TOTAL Y EXTRACTO ETereo EN LAS CANALES DE LOS PECES TRATADOS CON Y SIN SOMATOTROPINA (EXPERIMENTO 4).

PARAMETROS	CON SOMATOTROPINA	SIN SOMATOTROPINA	PROBABILIDAD	C. V. %
HUMEDAD	73.2	72.4	< 0.31	2.31
PROTEINA TOTAL (B. S. %)	60.4	60.7	< 0.53	1.61
EXTRACTO ETereo (B. S. %)	16.2	16.2	< 0.16	0.23

CUADRO 12. ÍNDICES ORGANICOS PROMEDIOS EN LOS GRUPOS TRATADOS CON SOMATOTROPINA Y EN LOS NO TRATADOS (EXPERIMENTO 4).

PARAMETROS	CON SOMATOTROPINA	SIN SOMATOTROPINA	PROBABILIDAD	C.V. %
TRACTO GASTRO-INTESTINAL	4.51	5.03	< 0.46	19.56
BAZO	0.30	0.27	< 0.81	53.71
HIGADO	1.35	1.43	< 0.87	22.42

FIGURA 1. MAPEO DEL MARCAJE DE PECES

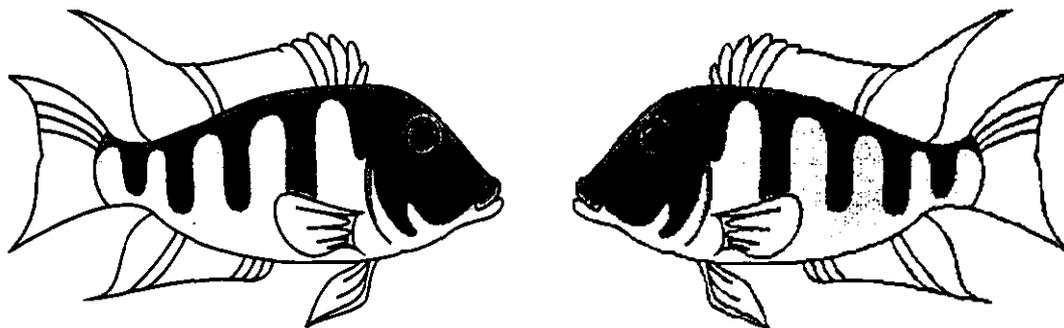


FIGURA 2. REGRESIONES LINEALES A LA OCTAVA SEMANA DE LOS PESOS DEL GRUPO CON 5 MILIGRAMOS DE SOMATOTROPINA Y EL CONTROL

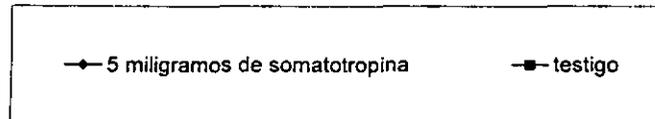
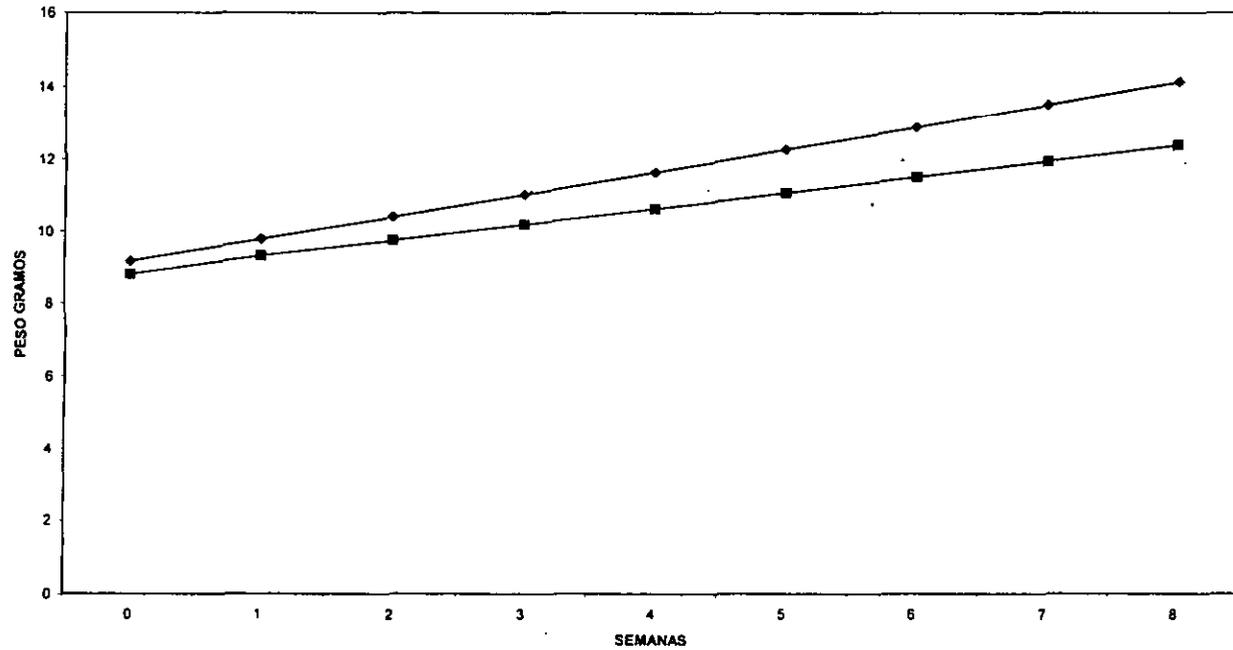
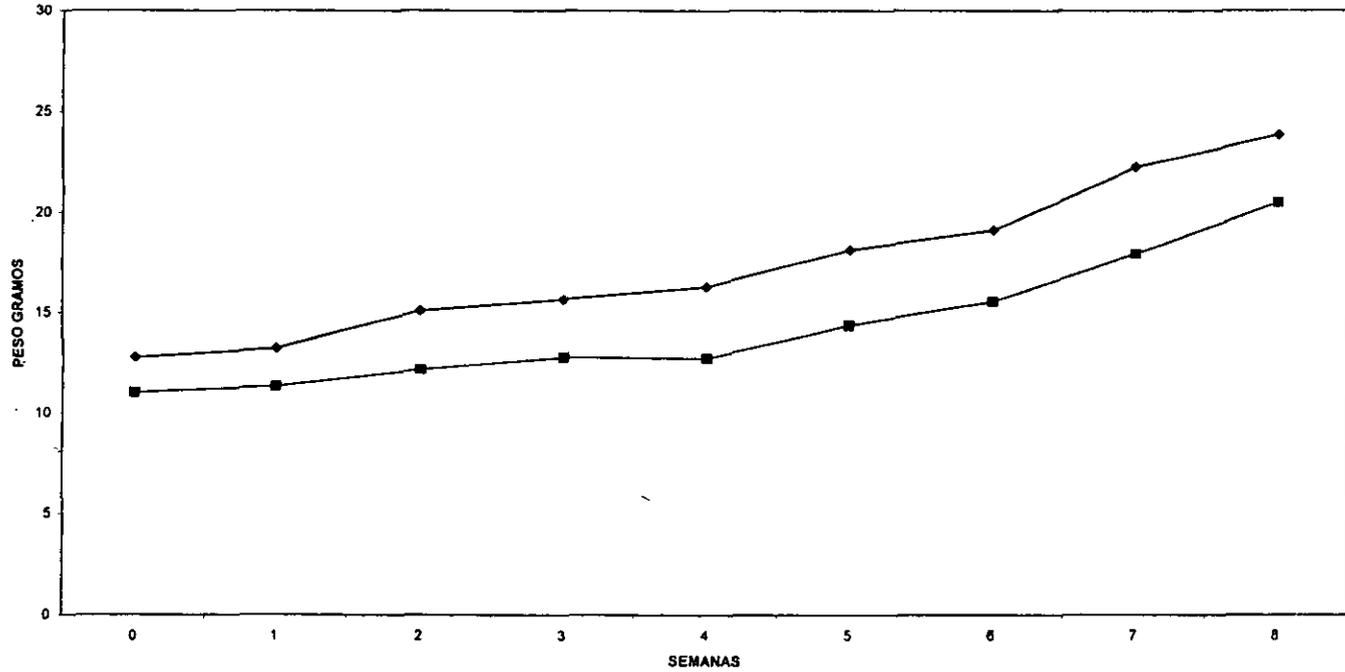
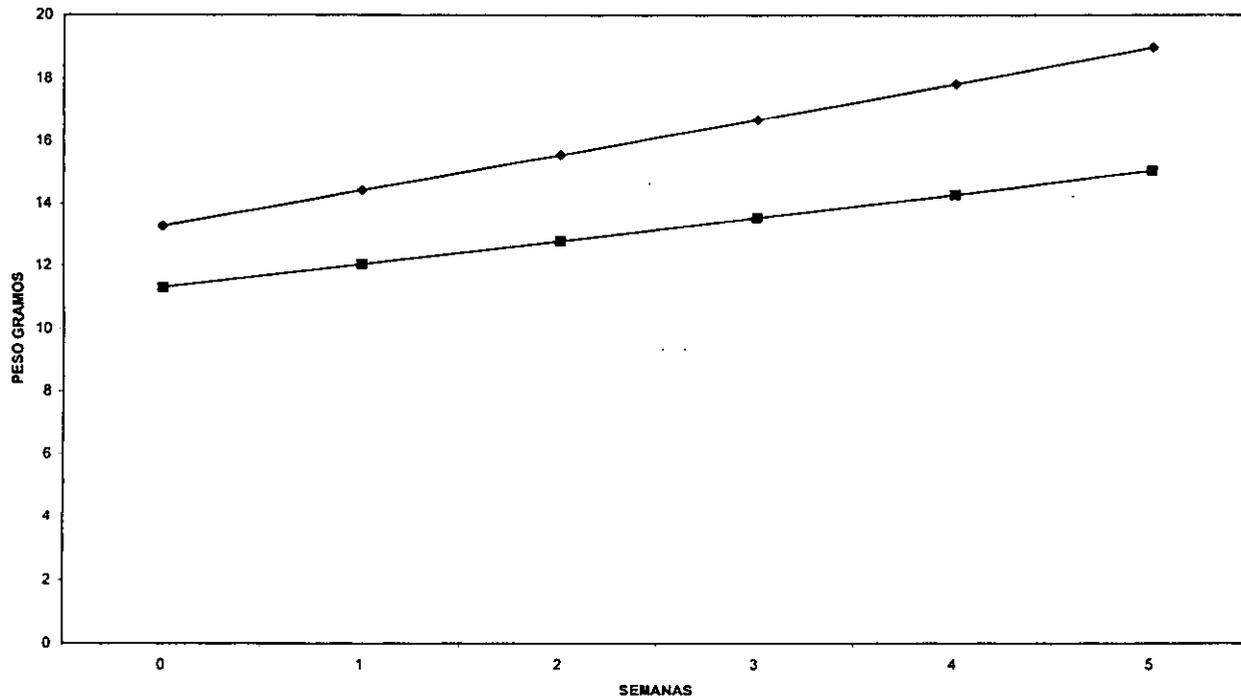


FIGURA 3. PESO PROMEDIO DE LAS TILAPIAS TRATADAS CON Y SIN SOMATOTROPINA DURANTE OCHO SEMANAS (EXPERIMENTO DOS)



—◆— CON SOMATOTROPINA —■— SIN SOMATOTROPINA

FIGURA 4. REGRESIONES LINEALES DE LOS PESOS OBTENIDOS HASTA LA QUINTA SEMANA
(EXPERIMENTO DOS)



◆ CON SOMATOTROPINA ■ SIN SOMATOTROPINA

FIGURA 5. REGRESIONES LINEALES DEL LOS PESOS OBTENIDOS A LO LARGO DE OCHO SEMANAS
(EXPERIMENTO DOS)

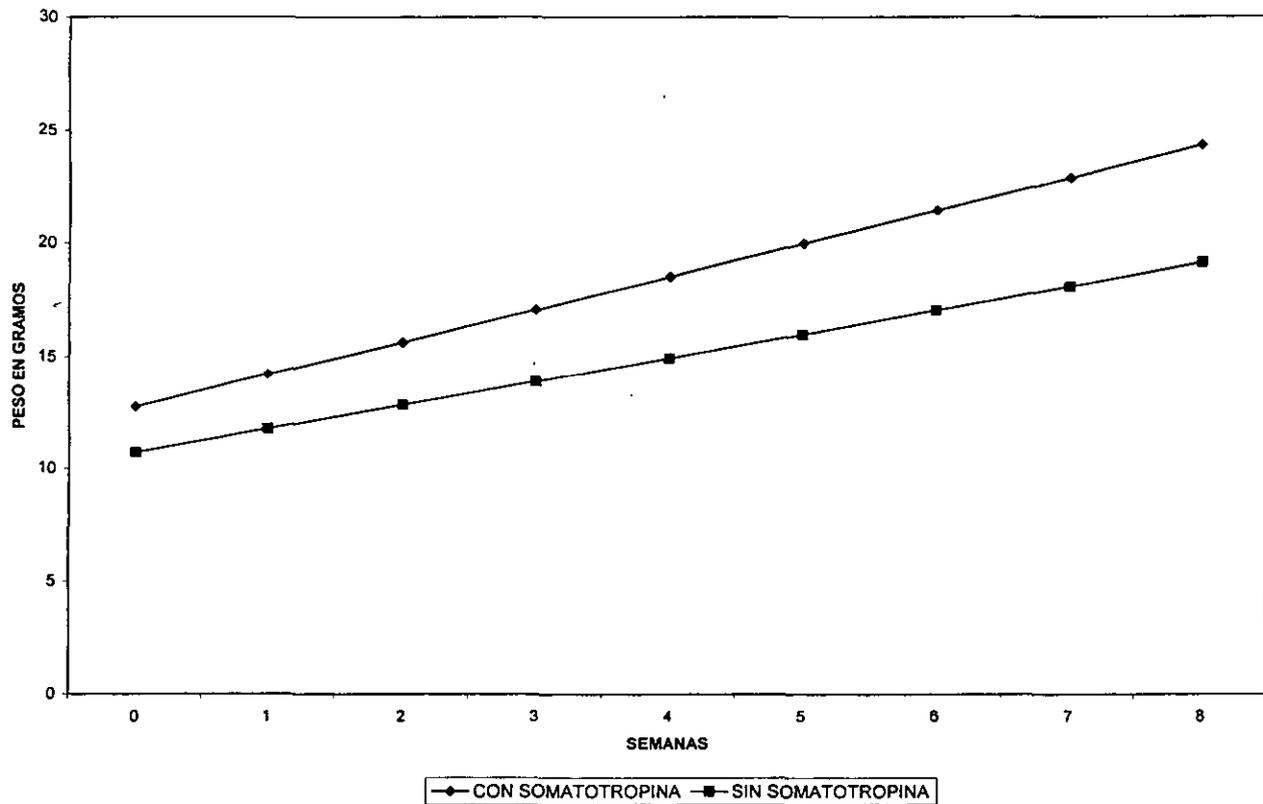


FIGURA 6. PESO PROMEDIO EN OCHO SEMANAS DE LAS TILAPIAS TRATADAS CON Y SIN SOMATOTROPINA (EXPERIMENTO TRES)

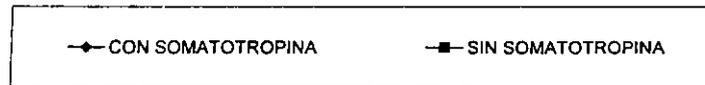
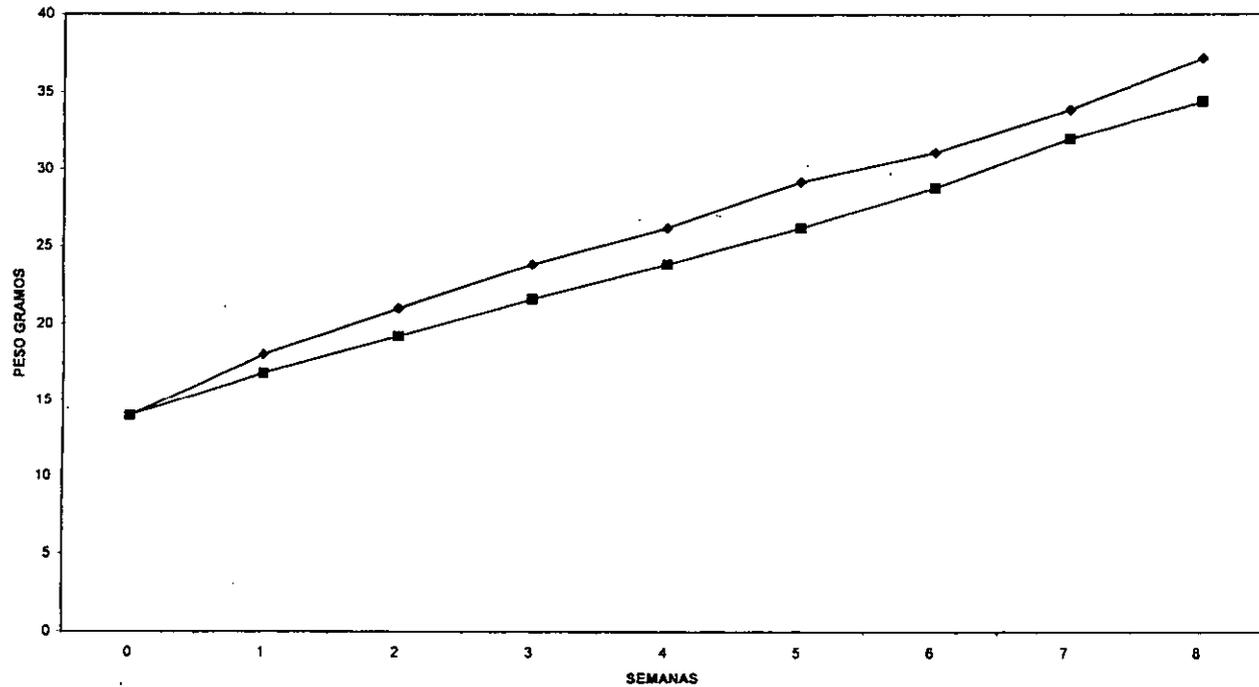


FIGURA 7. REGRESIONES LINEALES DE LOS PESOS OBTENIDOS A LA QUINTA SEMANA
(EXPERIMENTO TRES)

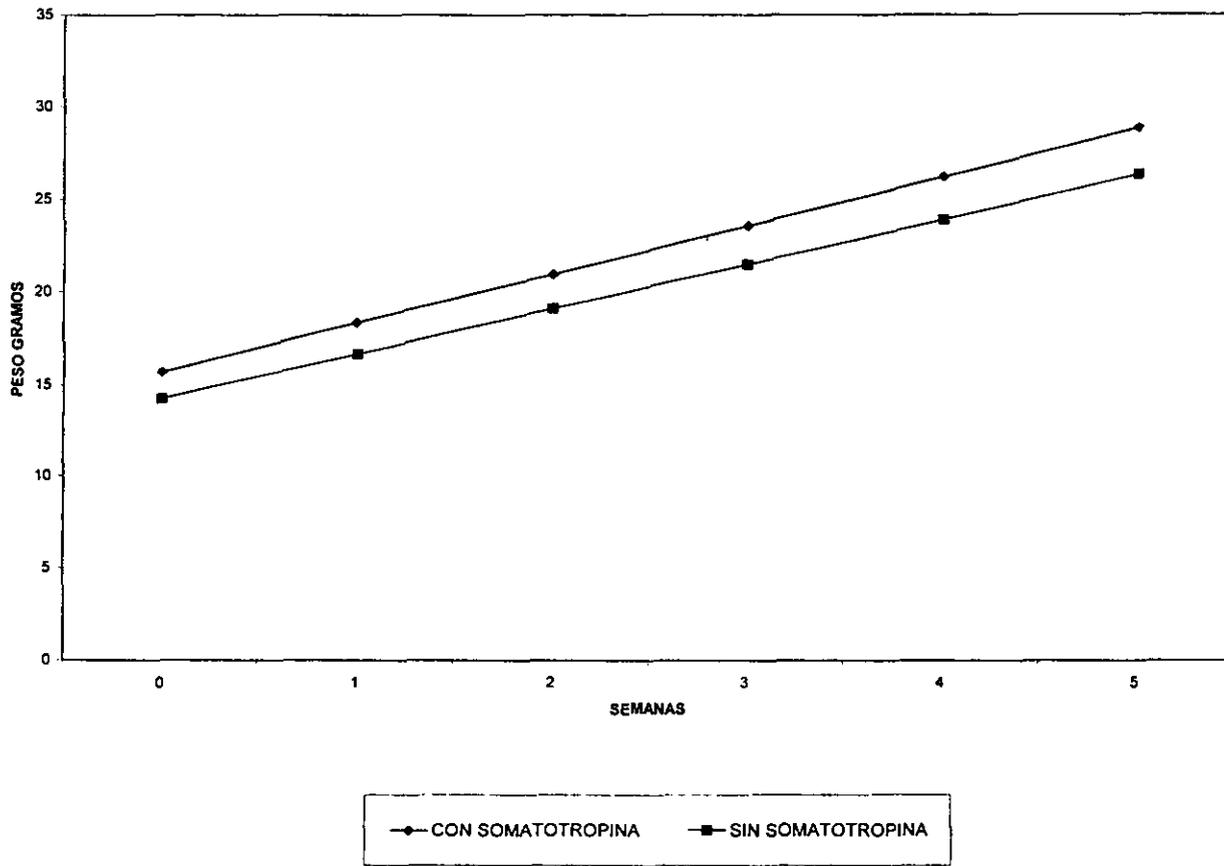


FIGURA 8. REGRESIONES LINEALES DE LOS PESOS OBTENIDOS DURANTE OCHO SEMANA
(EXPERIMENTO TRES)

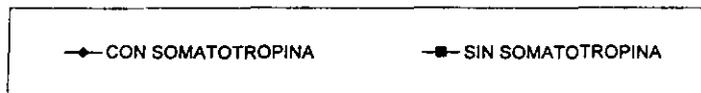
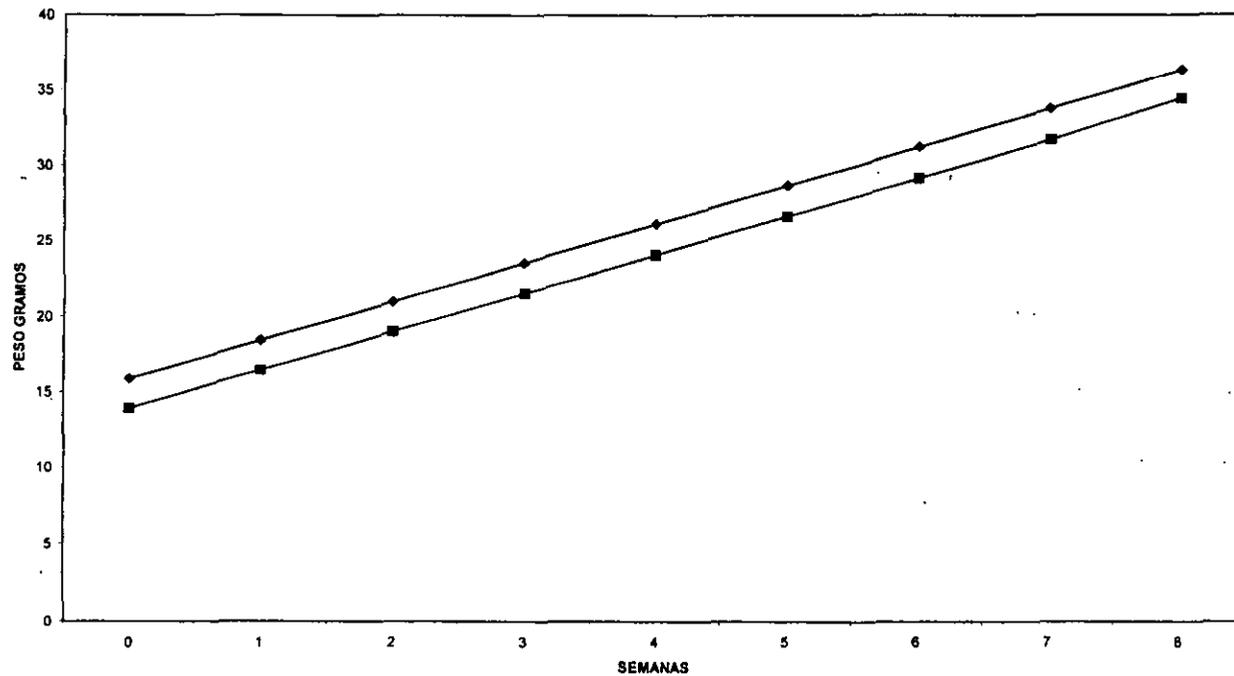


FIGURA 9. PESO PROMEDIO DE LAS TILAPIAS TRATADAS CON Y SIN SOMATOTROPINA DURANTE OCHO SEMANAS (EXPERIMENTO CUATRO)

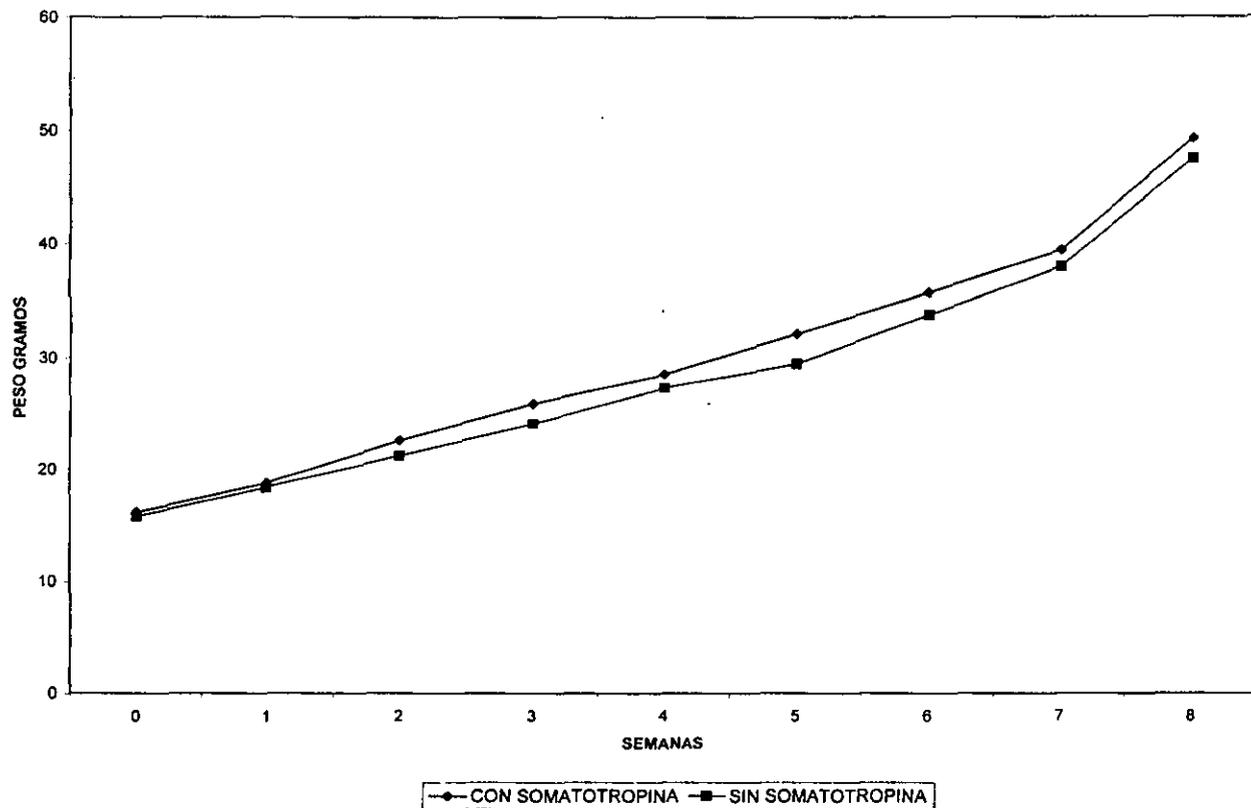


FIGURA 10. REGRESIONES LINEALES DE LOS PESOS OBTENIDOS HASTA LA QUINTA SEMANA
(EXPERIMENTO CUATRO)

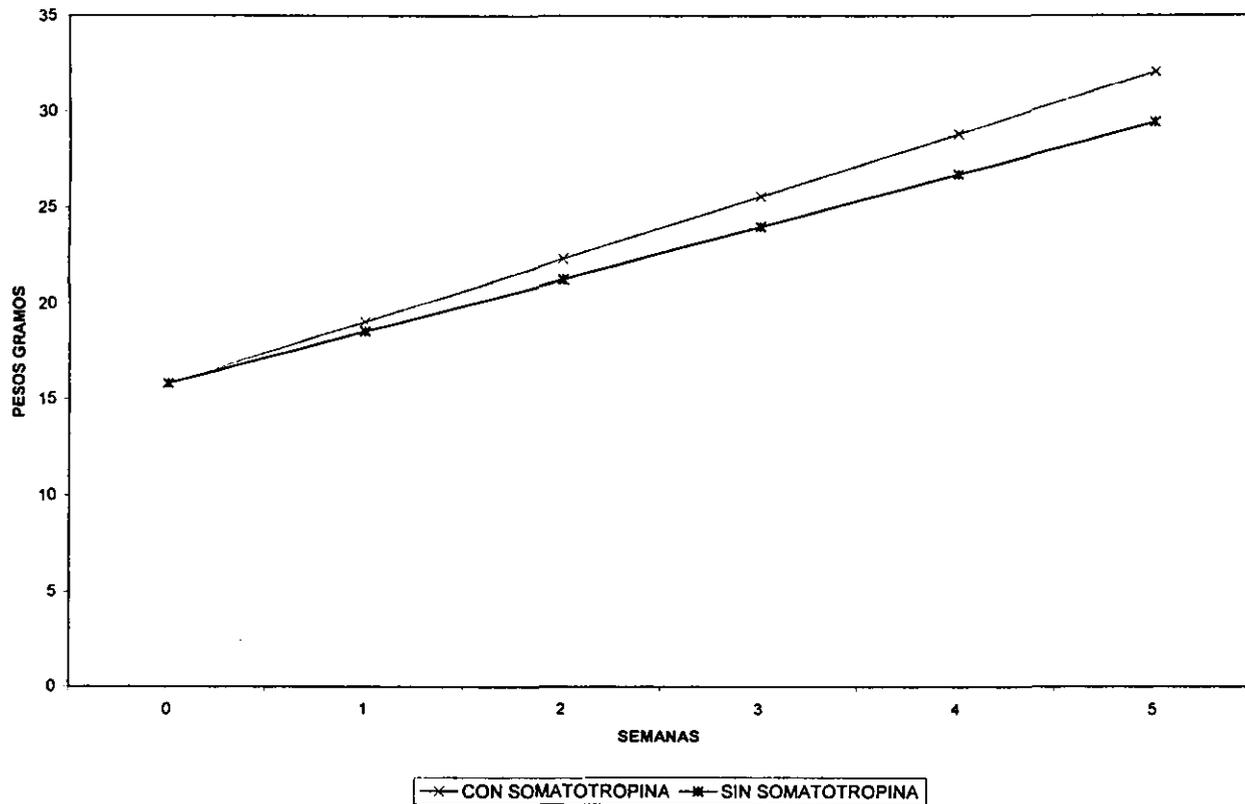
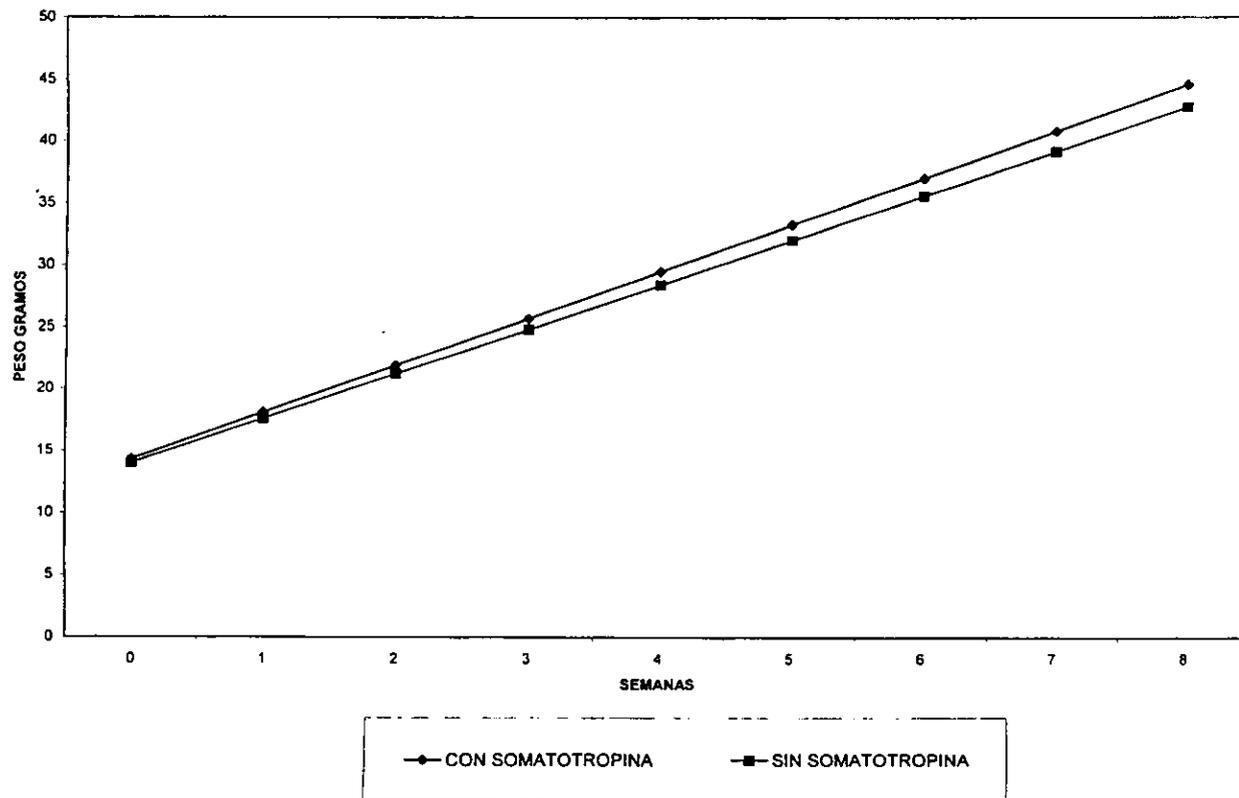


FIGURA 11. REGRESION LINEAL DE LOS PESOS OBTENIDOS DURANTE OCHO SEMANAS
(EXPERIMENTO CUATRO)



CONCLUSIONES

Con los resultados del presente trabajo se puede concluir que:

- La somatotropina recombinante bovina incrementa el crecimiento en juveniles de tilapias híbridas, al ser proporcionado intramuscularmente en una sola dosis.
- El mayor crecimiento de las tilapias se obtiene a la quinta semana en las temperaturas probadas
- La conversión alimenticia mejora a la quinta semana, no así a la octava semana en los diversos tratamientos porque el alimento se les proporciona a los peces en un porcentaje de su biomasa.
- No existen diferencias en los resultados comparativos de extracto etéreo y proteína total en las canales de las tilapias a las que se les aplicó intamuscularmente la somatotropina en comparación con las que se les aplicó el aceite de ajonjolí vehículo de la hormona.
- La hormona, no produce cambios en el peso del tracto gastro-intestinal, bazo e hígado con relación al peso corporal.
- No produce ningún efecto histopatológico en las tilapias cuando se les suministra en una sola aplicación.

LITERATURA CITADA

1. - Agellon, L. B., Emery, B. J., Jones, J. M., Daves, S. L. Dingles, A. D. and Chen, T.: Promotion of rapid growth of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) by a recombinant fish hormone. *Can. J. Fish Aquat. Sci.* 45: 146-151. 1988.
2. - Aguilera, H. P. y Noriega, C. P.: La tilapia y su cultivo. FONDEPESCA. México, D.F 1986.
3. - Arredondo-Figueroa, J. L.: Especies animales acuáticas de importancia nutricional introducidas en México. *Biotica* 8(2):175-199. 1983.
4. - Arredondo-Figueroa, J.L. y Lozano-García S.: El cultivo de la tilapia en México. Memoria del primer curso internacional de tilapia. Ciudad Universitaria UNAM. Mex. D.F.7-18. 1996
5. - Arredondo, F. J. L., Muñoz, F. V. F., González, T. F., Garduño, A. H. y Campos, V.: Desarrollo científico y tecnológico del banco de genoma de tilapia. Secretaria de Pesca, Subsecretaria de Fomento y Desarrollo Pesqueros. Dirección General de Acuicultura. México, D. F. 89 p. 1994.
6. - Ayson, G. F., Kaneko, T., Tagawa, M., Hasegawa, S., Grau, G. E., Nishioka, S. R., King, S. D., Bern, A. H. and Hirano, T.: Effect of acclimation to hypertonic on plasma and pituitary levels of two prolactins and growth hormone in two species of tilapia *Oreochromis mossambicus* and *Oreochromis niloticus* General and comparative endocrinology. 89:138-148. 1993.
7. - Banegal, T.: Methods for assessment of fish production in freshwaters. 3 edition Black Well Scientific Publications. 1963.
8. - Bass, J. J., Gluckman, P. D., Fairclough, R. J., Peterson, A. J., Davis, S. R. and Carter, W. D.: Effect of nutrition and immunization against somatostatin on growth and insulin-like growth factors in sheep. *J. Endocr.* 112: 27-31. 1987.
9. - Berglund, I., L.P. Hansen, H: Lundqvist, B: Jonsson, T: Ericksson, J: E: Thorpe, and Ericksson.: Effects of elevated winter temperature on seawater adaptability, sexual rematuration, and downstream migratory behaviour in mature male atlantic salmon parr (*Salmo salar*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48.1041-1047.1991
- 10.- Björnsson, B. Th., Thorarensen, H., Hirano, T., Ogasawara, T. and Kristinsson, B.:

- Photoperiod and temperature affect plasma growth hormone levels, growth, condition factor and hypophys moregulation ability of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) during parr-smolt transformation. *Aquaculture*, 82: 77-91. 1989.
- 11.- Björnsson, B. Th., Yamauchi, K., Nishioka, S. R., Deftos, J. L. and Bern, A. H.: Effects of hypophysectomy and subsequent hormonal replacement therapy on hormonal and osmoregulatory status of coho salmon, *Onchorynchus kisutch*. *General and comparative endocrinology*. 68:421-430. 1987.
- 12.- Boeuf, G., Le Bail, P.Y. and Prunet, P.: Growth hormone and thyroid hormones during Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolting, and after transfer to seawater. *Aquaculture*, 82: 257-168. 1989.
13. Bolton, J. P., Collie, N. L., Kawauchi, H. and Hirano, T.: Osmoregulatory actions of growth hormone in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *J. Endocr.* 112, 63-68. 1987.
- 14.- Byamungu, N., Corneillie, S., Mol, K., Darras, V. and Kuhn, E. R.: Stimulation of thyroid function by several pituitary hormones results in an increase in plasma thyroxine and reverse triiodothyronine in tilapia (*Tilapia nilotica*). *General and comparative endocrinology*. 80:33-40.1990.
- 15.- Byamungu, N., Mol, K., and Kuhn, E. R.: Somatostatin increases plasma T3 concentrations in *Tilapia nilotica* in the presence of increased plasma T4 levels. *General and comparative endocrinology*. 82:401-406.1991.
- 16.- Byatt, J. C., Staten, N. R., Schmuke, J. J., Buonomo, F. C., Galosy, S. S., Curran, Krivi, G. G. and Collier, R. J.: Stimulation of body weight gain of the mature female rat by bovine GH and bovine placental lactogen. *J. Endocrinology* 130: 11-19. 1991.
- 17.- Cabañas, L. P.: Diseño y operación de un sistema intensivo de cultivo de crías de tilapia (*Oreochromis spp.*). Tesis de Licenciatura de la Facultad de Ciencias. UNAM. 18.p. 1995.
- 19.- Cavari, B., Funkenstein, B. Chen, T. T., Gonzales-Villaseñor, L. and Scharl, M.: Effect of growth hormone on the growth rate of the gilthead seabream (*Sparus aurata*) and use of different constructs for the production of transgenic fish. *Aquaculture*, 11:189-197. 1993a.
- 20.- Cavari, B., Funkenstein, B. Chen, T. T., Powers, D. A., Muir, J. F. Roberts, P. J.: Recombinant growth hormone. *Recent-advances in Aquaculture*. 4:121-129. 1993b.
- 21.- Chatakondi, N., Lovell, R. T., Duncan, P. L. Hayat, M., Chen, T. T., Powers, D. A.,

- Weete, J. D. Cummins, K., Dunham, R. A.: Body composition of transgenic common carp, *Cyprinus carpio* containing rainbow trout growth hormone gene. *Aquaculture*. 138(1): 99-109. 1995.
- 22.- Chmylevskiy, D. A.: Effect of reduced temperature on oogenesis in tilapia, *Oreochromis mossambicus*. 3. Impact on fish at age 30 and 60 days after hatching. *J. Ichthyology*, 35 (6). 1995.
- 23.- Cravener, T. L., Vasilatos-Younken, R. and Wellenreiter, H. R.: Effect of subcutaneous infusion of pituitary-derived chicken growth hormone growth performance of broiler pullets. *Poult. Sci.*, 68:1133-1140. 1989.
- 24.- Degani, G., Boker, R., Jackson, K.: Growth hormone, gonad development, and steroid levels in female carp. *Comp. Biochemistry and Physiology. C, Pharmacology, Toxicology and Endocrinology*. 115(2). 133-140. 1996,
- 25.- De Yong, K. G., Roeder, R. A., Garber, M. J., Lellis, W. A., Honeyfields, D. C., Bull, R. C., Schelling, G. T. and Byatt, J. C.: Dose-effects of recombinant bovine somatotropin on growth performance and body composition of rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*). *J. Anim. Sci.*; 72: Suppl. 1. 200. 1994.
- 26.- Dixon, W.J. and Wassey, F.J.: Introduction to statistical analysis. Mc Graw Hill New York. 1951.
- 27.- Doi, T., Striker. L.J., Kimata, K., Peten, E.P., Yamada, Y. and Striker, G.E.: Glomerulosclerosis in mice transgenic for growth hormone. Increased mesengial extracellular matrix is correlated with kidney mRNA levels. *J. Exp. Med.* 173: 1287-1290. 1991.
- 28.- Down, N. E., Donalson, E. M., Dye, H. M., Langley, K. and Souza, L. M.: Recombinant bovine somatotropin more than double the growth rate of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) acclimated to seawater and ambient winter conditions. *Aquaculture*, 68:141-155. 1988.
- 29.- Down, N. E., Donalson, E. M., Dye, H. M., Bone T. C., Langley, K. E. and Souza,: A potent analog of recombinant bovin somatotropin acceletares growth in juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46:178-183. 1989.
- 30.- Elanco Products Company. Manual Técnico Optiflex Somibove. Elanco Products Company. 1994.
31. FAO (Food and Agriculture Organization of the United States). *Aquaculture*

- production statistics 1984-1993. FAO Fisheries Circular/FAO No 815, Rev. 7:186 p. 1995.
- 32.- Fine, M., Zilberg, D., Cohen, Z., Degani, G., Moav, B., Gertler, A.: The effect of dietary protein level, water temperature and growth hormone administration on growth and metabolism in the common carp (*Cyprinus carpio*). *Comp. Biochemistry and Physiology. A, Physiology.* 114(1). 35-42;. 1996
- 33.- Fryer, J. N. and Bern, H. A.: Growth hormone binding to tissues of normal and stunted juvenile coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. *J. Fish. Biol.* 15, 527-533. 1979.
- 34.- Furuya, A., Othomo, M., Inada, T. and Yoshida, H.: Generation and application of monoclonal antibodies against salmon somatotropin (*Salmo growt norm one*) and salmon prolactin. *Agric. Biol. Chem.* 51: (9), 2331-2335. 1987.
- 35.- Garber, M. J., De Younge, K. G., Byatt, J. C., Lellis, W. A., Honerfield, D. C., Bul, R.C., Schelling, G. T. and Roeder, P. A.: Dose-response effects of recombinant bovine somatotropin (Posilac) on growth performance and body composition of two-year-old rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *J. Anim. Sci. Champaing, III: American Society of Animal Science.* 73(11) 3216-3222. 1995.
- 36.- Grau, E. G., Nishioka, R. S., Young, G. and Bern, H. A.: Somatostatin-like immunoreactivity in the pituitary and brain of three teleost fish species: Somatostatin as a potential regulator of prolactin cell function. *General and comparative Endocrinology.* 59:350-357. 1985.
- 37.- Greenspan, S.F. and Forham, H.P.: *Endocrinología básica y clínica. De. El manual moderno.* Pp 47-50. 1988.
- 38.- Haddad, E.E., Mashaly, M.M.: Effect of thyrotropin-releasing, triiodothyronine and chicken growth hormone on plasm concentration of thyroxine, triiodothyronine in immature male chickens. *Poultry Scy.* 69(7): 1094-1102. 1990.
- 39.- Harper, J. M. M., Soar, J. B. and Bettery, P. J.: Changes in protein metabolism of ovine primary muscle cultures on treatment with growth hormone, insulin, insulin-like growth factor I or epidermal growth factor. *J. Endocr.* 112: 87-96. 1987.
- 40.- Helms, M. H. L., Grau, E. G., Shimoda, S. K., Nishioka, R. S. and Bern, H. A.: Studies on the regulation of growth hormone release from the proximal pars distalis of male tilapia *Oreochromis mossambicus*, *in Vitro*. *General and comparative*

- endocrinology. 65:48-55.1987.
- 41.- Holloway, A. C., Leatherland, J. F.: Effect of gonadal steroid hormones on plasma growth hormone concentrations in sexually immature rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. General and Comparative Endocrinology. 105(2)246-254. 1997.
 - 42.- Hong, Y., Scharl, M.: Sequence of the growth hormone (GH) gene from the silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) and evolution of GH gene in vertebrates. J. Bioch. Biol. 11(3): 285-288. 1993.
 - 43.- Huggard. D., Khakoo, Z., Kassam, G., Habibi, H. R.: Effect of testosterone on growth hormone gene expression in the goldfish pituitary. Can. J. Physiology and Pharmacology. 74(9). 1039-1046. 996.
 - 44.- Inove, K., Yamada, S., Yamashita, S.: Introduction, expression and growth-enhancing effect of rainbow trout growth hormone cDNA fused to an avian chimeric promoter on rainbow trout fry. J.Mam. Biotech. 1(3)131-134. 1993.
 - 45.- Ishioka, H., Kosugi, R, Ouchi, K., Hara, A., Nagamatsu, T., Mihara, S., Ogai, H.: Effect of recombinant red sea bream growth hormone on growth of young red sea bream. Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries. 58(12)2335-2340. 1992.
 - 46.- Jensen, J. W. and Berg, T.: Food rations and rate of gastric evacuation in brown trout fed pellets. Progressive fish-culturist. 55:244-249. 1993.
 - 47.- Johnsson, J. I., Bjornsson, B. T.: Growth hormone increased growth rate, appetite and dominance in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Anim. Behav. London: Academic Press. 48 (1)177-186. 1994.
 - 48.- Keeley, K. M., Nishioka, R. S. and Bern, H. A.: Novel effect of vasoactive intestinal polypeptide and peptide histidine isoleucine: inhibition of *in Vitro* secretion of prolactin in the tilapia, *Oreochromis mossambicus*. General and comparative endocrinology. 72:97-106.1988.
 - 49.- Kuz'mina, V. V.: Effect of temperature on the regulatory properties of the enzymes of membrane digestion in fishes. Voprosy Ikhtiologii. 4:634-643. 1989.
 - 50.- Lemaire, C., Warit, S., Panyim, S.: Giant catfish *Pangasianodon gigas* growth hormone encoding cDNA: cloning and sequencing by one-sided polymerase chain reaction. Gene. 149(2)271-276.1994.
 - 51.- Lilburn, M.S., Bacon, W.L., Sacco, R.E., Nestor, K.E. and Vasilatos-Younken, R.: Relationships between pulsatile growth hormone secretory parameters and carcass

- traits in growing turkeys. Poultry Sci. 69 (71): 1215-1219. 1990.
- 52.- Lovell, R. T.: Practical consideration in marking tilapia feeds. Feed management, June, Vol. 46, 6:13-22. 1995.
- 53.- Mac Rae, J. C., Bruce, L. A., DeB Hovell. F. D., Hart, Y. C., Inkster, J., Walker, A., and Atkinson, T.: Influence of protein nutrition on the response of growing lambs to exogenous bovine growth hormone. J. Endocr. 130: 53-61. 1991.
- 54.- Macari, M., Carneiro, D. J. Larson, M. L., Machado, C. R.: Influence of dietary protein intake and recombinant human somatotropin administration on growth and body composition of juvenile tacambu (a *Praractus mesopotamicus* X *Colossoma macropomus* cross). Aquaculture. 127(4).363-369. 1994.
- 55.- Mann, H. B. and Whitney, D. R.: Una prueba de si o dos variables aleatorias es estoicamente mayor que la otra. Ann Math. Statist, 18: 52-54.
- 56.- Martem'yanov, V. I.: Concentration of sodium, potassium, calcium, and magnesium in the plasma, erythrocytes, and muscles of age 0+ and yearling carp, *Cyprinus carpio*, in relation to acclimation temperature. Vopr. Ikhtiologii. 35 (2):258-265.1994.
- 57.- Martinez-Barbera, J. P., Pendon, C., Marti-Palanca, H., Caldach-Giner, J. A., Rodriguez, R. B., Valdivia, M. M., Pérez-Sanchez, J.: The use of recombinant gilthead sea bream (*Sparus aurata*) growth hormone for radioiodination and standard preparation in radioimmunoassay. Comparative Biochemistry and Physiology.- A Physiology 110(4)335-340.1995.
- 58.- McLean, E., Donalson, E. M.: Absorption of Bioactive proteins by the Gastrointestinal tract of fish: A review. J Aquatic Animal Health. 2:1-11.1990.
- 59.- McLean, E., Donalson, E. M. and Souza, L. M.: Growth Acceleration of Coho Salmon (*Oncorhynchus kisutch*) following oral administration of recombinant bovine somatotropin. Aquaculture, 91:197-203. 1990.
- 60.-McLean, E., Von Der Meden, A.C. and Donalson, E. M.: Direct and indirect evidence for polypeptide absorption by the teleost gastrointestinal tract: J Fish Biol. 36: 489-498. 1990.
- 61.- McLean, E., Teskeredzic, E., Donalson, E. M, Teskeredzic, Z., Cha, Y. , Sittner, and Pitt, C.: Growth Acceleration of Coho Salmon (*Oncorhynchus kisutch*) following

- sustained release of recombinant porcine somatotropin. *Aquaculture*, 103: 377-387. 1992.
- 62.- McLean, E., Donalson, E. M, Mayer, Y., Teskeredzic, E., Teskeredzic, Z., Pitt, C. and Souza, L. M.: Evaluation of a sustained-release polymer-encapsulated form of recombinant porcine somatotropin upon long-term growth performance of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Aquaculture*, 122:359-368. 1994
- 63.- Melamed, P., Eliahu, N., Ofer, M., Levani-Sivan, B., Smal, J., Rentier-detrue, F., Yaron, Z.: The effects of gonadal development and sex steroid on growth hormone secretion in the male tilapia hybrid (*Oreochromis niloticus* X *O. aureus*). *Fish Physiology and Biochemistry*. 14(4)267-277.1995.
- 64.- Monsanto: Freedom of information summary prosilac (sterile sometribove zinc suspension) for increasing production of marketable milk in lactating dairy cows. Sponce for the animal science of Monsanto Company. 1993.
- 65.- Monsanto: Manual Técnico Lactotropina (Somatotropina Bovina). Monsanto México. 1995.
- 66.- Morales, D. A.: El cultivo de la tilapia en México. Datos Biológicos. Instituto Nacional de la Pesca. INP. México, D. F.25 p. 1974.
- 67.- Morales, D. A., Castañeda, C. A., De la Paz, O. C., Olmedo, H. S., Galván, U. J. R., Montoya, M. J. M., Pérez Galicia, R. M. y Cabañas, P. L.: Manual técnico para el cultivo de la tilapia en los centros acuícolas de la Secretaria de Pesca. Secretaria de Pesca, México, D. F.202 p. 1988.
- 68.- Morales, D. A.: La tilapia en México, biología, cultivo y pesquerías. AGT Editores, México, D. F. 190 p. 1991.
- 69.- Moriyama, S., Yamamoto, H., Sugimoto, S., Abe, T., Hirano, T., and Kawauchi, H: Oral administration of recombinant salmon growth hormone to rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 112: 99-106. 1993.
- 70.- Nagano, M., Yoshizaki, G., Hirano, I., Oshiro, T., Takashima, F., Aoki, T.: The nucleotide sequence of cDNA for yamame salmon growth hormone. *Fisheries Science* 60(2): 237-239. 1994.
- 71.- Nishioka, R. S., Grace, E. T. J. And Hyodo, S.: Localization of mRNAs for a pair protactins and growth hormone in the tilapia pituitary using *in situ* hybridization with oligonucleotide probes. *General and comparative endocrinology*. 89:72-81.1993.

- 72.- NRC. National Research Council.: Nutrient requeriments of fish; National Academic Press, Washington, D.C. 1993.
- 73.- Ocampo, C. L., Sumano, L. E.: Evaluación de la dosificación de somatotropina bovina en la producción de leche bajo diferentes esquemas de aplicación. Hoard's Dairyman, 2-5 1995.
- 74.- Ramirez, G.R. y Sevilla, H. M.: Fundamentación de la programación acuícola en México. Memoria del primer curso internacional de tilapia. Ciudad Universitaria UNAM. Mex. D.F.1-6. 1996.
- 75.- Ramirez, G.R.: Aspectos relevantes de la acuicultura en México. Memoria del primer curso internacional de tilapia. Ciudad Universitaria UNAM. Mex. D.F. 237-239. 1996.
- 76.- Rodgers, B. D., Helms, L. M. H. and Grau, E. G.: Effects of fasting, medium glucose, and amino acid concentrations on prolactin and growth hormone release, *in Vitro*, from the pituitary of the tilapia *Oreochromis mossambicus*. General and comparative endocrinology. 86:344-351.1992.
- 77.- Sakamoto, T. and Hirano, T.: Growth hormone receptors in the liver and osmoregulatory organs of rainbow trout: characterization and dynamics during adaptation to seawater. J. Endocrinology 130:425-433. 1991.
- 78.- Schmitz, M., Berglund, Y., Lundqvist, H., Gjörmsón, B.Th.: Growth hormone response to seawater challenge in Atlantic salmon *Salmo salar*, during parr-smolt transformation. Aquaculture, 121: 209-221. 1994.
- 79.- Seddiki, H., Boeuf, G., Maxime, V. and Peyraud, C.: Effects of growth hormone treatment on oxygen consumption and sea water adaptability in Atlantic salmon parr and smolts. Aquaculture 148(1)49-62. 1996.
- 80.- SEPESCA. (Secretaria de Pesca): Anuarios estadísticos de Pesca. 1986.
- 81.- Sidney, S.: Estadística no paramétrica. Edit. Trillas, México, 1988.
- 82.- Simes, J. M., Wallace, J. C. and Walton, P. E.: The effects of insulin-like growth factor-I (IGF-I), IGF-II and des(I-3)IGF-I, a potent IGF analogue, on growth hormone and IGF-binding protein secretion from cultured rat anterior pituitary cells. Endocrinology. 130:93-99. 1991.
- 83.- Song, S., Zhang, T., Zhao, W., Qi, W., Hu, W., Wang, P. and Hew, C. L.: Expression of chinook salmon growth hormone gene in *E. coli*. Aquaculture, 111:

- 199-205. 1993.
- 84.- Sun, L. Z., Formanformaian, A.: Biphasic action of growth hormone on intestinal aminoacid absorption in striped bass hybrids. *Comparative-Biochemistry and Physiology.-A, comparative Physiology.* 103(2):381-390.1992.
- 85.-Sweeting, R. M., Wagner, G. F. and McKeown, B. A.: Changes in plasma glucose, amino acid nitrogen and growth hormone during smoltification and seawater adaptation in coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. *Aquaculture*, 45: 185-197. 1985.
- 86.- Tarpey, J. F. and Nicoll, C. S.: Characterization of hepatic growth hormone binding sites in two fish species, *Gillichthys mirabilis* (teleostei) and *Acipenser transmontanus* (chondrostei). *General and comparative endocrinology.* 60:39-50. 1985.
- 87.- Ueda, H., Kagawa, H. and Fujimoto, S.: Immunoelectron microscopic localization of growth hormone in the pituitary glands of two teleosts, tilapia (*Sarotherodon mossambicus*) and amago salmon (*Oncorhynchus rhodurus*). *General and comparative endocrinology.* 59:149-154.1985
- 88.- Vasilatos-Younken, R., Andersen, B. J., Rosebrough, R.W., McMurtry, J.P. and Bacan, W. L.: Identification of circulation growth hormone-binding protein in domestic poultry: an initial characterization. *J. Endocr.* 130: 115-122. 1991.
- 89.- Vestergaard, M. and Sejersen, K.: Endocrine manipulation of animal growth. *Acta Vet. Scandinavica Suppl.* 87: 75-86. 1991.
- 90.- Wood, D. F., Franklyn, J. A., Docherty, K., Ramsden, D. B. and Sheppard, M. C.: The effect of thyroid hormones on growth hormone gene expression *in vivo* in rat. *J. Endocr.* 112: 459-463. 1987.
- 91.- Wynn, P. C., Stuart, M. C., Wallace, A. L. C., Kirby, A. C. and Annison, E. F.: Influence of nutritional status on growth hormone-dependent circulation somatomedin-C activity in mature sheep. *J. Endocr.* 130: 313-320. 1991.
- 92.- Zhang, P.: Effects of recombinant tuna growth hormone (R-TGH) on growth of carp fingerling. *J. Fish. Of China.* 17(3)230-234. 1993.