



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

Efecto de la hormona tiroxina en
Guppys (*Poecilia reticulata*)

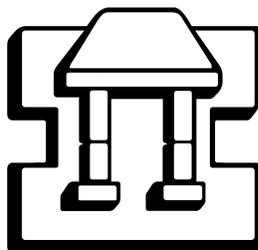
T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I Ó L O G A

PRESENTA:

MARÍA AZUCENA VEGA CARBAJAL



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

LOS REYES IZTACALA, ESTADO DE MÉXICO. 2004



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Dedicatoria

A mis padres MIGUEL y CLEO por sus sacrificios y esfuerzos, que lograron que alcanzara una de mis metas, los quiero mucho.



AGRADECIMIENTOS

A la UNAM por brindarme un espacio para mi formación académica en esta excelente carrera la BIOLOGÍA.

A la M. en C. Alba F. Márquez Espinoza, por su apoyo, confianza y paciencia mil gracias, maestra.

Al M. en C. Mario A. Fernández Araiza por sus observaciones, comentarios, correcciones y por su tiempo dedicado, que me ayudaron a mejorar este trabajo.

A mis sinodales: Dra. Norma Navarrete Salgado, M. en C. Rodolfo Cárdenas Reygadas y al Biol. José Antonio Martínez Pérez por sus correcciones y sugerencias, que contribuyeron a enriquecer este trabajo.

Agradezco a todos mis profesores que tuve a lo largo de toda mi trayectoria académica, por haberme formado profesionalmente y de quienes aprendí mucho.

ÍNDICE.

	Página.
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
ANTECEDENTES.....	7
OBJETIVOS.....	10
DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE.....	11
MATERIAL Y MÉTODOS.....	12
DIAGRAMA DE FLUJO.....	14
RESULTADOS.....	15
DISCUSIÓN Y ANÁLISIS.....	25
CONCLUSIONES.....	34
BIBLIOGRAFÍA.....	35
ANEXO.....	39

RESUMEN

La cría de los peces de ornato data de hace poco más de 1000 años en China en donde el legendario chino Fan-Li, que vivió en el siglo V criaba carpas doradas *Carassius sp.* en pequeños estanques; en la actualidad se ha convertido en un agradable pasatiempo para miles de personas en el mundo; sin embargo, los peces de ornato que se encuentran en el mercado en el caso de México, son importados de otros países; además existen una gran cantidad de peces que pueden alcanzar valores muy altos como peces de ornato. Actualmente, una de las técnicas empleadas dentro de la acuicultura es la utilización de hormonas, principalmente en aquellos organismos donde presentan un marcado dimorfismo sexual y un desarrollo sexual muy rápido, ya que el principal objetivo de los acuicultores es llevar al máximo el crecimiento de peces y minimizar el costo de producción. Las hormonas que se utilizan como promotores en el crecimiento son: la hormona de crecimiento, los esteroides, los anabólicos, la insulina, los extractos de la glándula pituitaria y las hormonas tiroideas. En el presente trabajo se administró tiroxina con el objeto de determinar el efecto que tiene como promotor del crecimiento en *Poecilia reticulata*, con la finalidad de obtener especies de mayor tamaño en poco tiempo.

Utilizando un total de 120 organismos registrando el peso y longitud a los 15 días de nacidos distribuyendo aleatoriamente a las crías en los diferentes tratamientos (0mg/kg control, dosis 10mg/kg y dosis 15mg/kg). El número de organismos, en cada unidad experimental, fue de 10 con cuatro repeticiones por tratamiento suministrando diariamente el 10% de biomasa total de alimento, tanto hormonado como normal en el caso del control. Con una frecuencia quincenal, se midieron y pesaron los organismos y con los datos de longitud y peso promedio se determinó la tasa instantánea de crecimiento y se analizó la relación peso-longitud. Los resultados obtenidos muestran que la tiroxina, tiene un efecto significativo ($\alpha=.05$, $gl=2$) en el crecimiento en longitud, con mejor resultado en la dosis de 10mg tiroxina /kg alimento, mientras que en peso las respuestas no fueron significativas ($\alpha =.05$). El factor de condición más bajo fue de 0.0024 en las dosis II (15mg/kg), mientras que el más alto se presentó en la dosis I (10mg/kg) con 0.03. La relación peso-longitud durante el tiempo de tratamiento fue del tipo alométrico. Se observó también que la tiroxina aceleró la madurez gonádica ya que se observaron una mayor cantidad de hembras maduras y se presentaron crías en mayor cantidad en los acuarios de experimentación comparados con el grupo testigo. Se concluye que dosis 10mg/kg de tiroxina es la que presentó el mejor efecto en el crecimiento de *Poecilia reticulata*.

INTRODUCCIÓN

La acuicultura se define como el cultivo de organismos acuáticos, incluyendo peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas. La actividad de cultivo presupone la intervención del hombre en el proceso de cría para aumentar la producción. (Barg 1995).

La cría de los peces de ornato data de hace poco más de 1000 años en China en donde el legendario chino Fan-Li que vivió en el siglo V criaba carpas doradas *Carassius sp.* en pequeños estanques y en la actualidad se ha convertido en un agradable pasatiempo para miles de personas en el mundo (Bardach y Ryther 1982).

El acuarismo es una afición que se ha desarrollado uniformemente en muchos lugares del mundo y evidentemente nuestro país es uno de ellos, ya que en las aguas interiores de México de las 500 especies que hay, 186 son capaces de tolerar cierta salinidad e inclusive de cruzar algunas barreras oceánicas pequeñas, y 57 que muestran afinidad con las formas marinas, pero en el curso de su evolución se han adaptado principal o únicamente a las aguas dulces. Sin embargo la cría de peces para especies de ornato que se encuentran en el mercado en el caso de México, son importados de otros países, además existen una gran cantidad de peces que pueden alcanzar valores muy altos como peces de ornato. Tal es el caso de algunos Cíclidos, Poecílicos y Anguilas principalmente. Estos se pueden criar relativamente fácil, ya que no requieren grandes áreas y debido que los ciclos de vida son relativamente cortos y los costos de alimentación bajos, se puede tener una gran producción en corto tiempo si se tiene el cuidado necesario (Torres-Orozco 1991).

La importancia de tal actividad puede verse desde el punto de vista económico, ya que se utiliza como un eficaz método para incrementar la producción de alimento como son algunas especies de Salmónidos y Ciprínidos, crear nuevas fuentes de trabajo que permitan la diversificación de la economía regional que fomente la granjas psícolas de la trucha, tilapia y carpas; y cuando se trabaje en estanques o represas ayude a controlar la erosión y además si se trabaja con la combinación de especies adecuadas,

se puede contribuir a controlar problemas ecológicos como la invasión de malezas acuáticas (Sevilla 1981).

Actualmente, una de las técnicas empleadas dentro de la acuicultura es la utilización de hormonas, principalmente en aquellos organismos donde presentan un marcado dimorfismo sexual y un desarrollo sexual muy rápido, como en el caso del guppy (*Poecilia reticulata*), molly (*P.laptipinna*) y platy (*Xiphophorus variatus*). (Piferrer y Lim1997). Ya que el principal objetivo de los acuicultores es llevar al máximo el crecimiento de peces y minimizar el costo de producción. Las hormonas que se utilizan como promotores en el crecimiento son: la hormona de crecimiento, los esteroides, los anabólicos, la insulina, los extractos de la glándula pituitaria y las hormonas tiroideas (Weatherley y Gill 1987).

Las hormonas tiroideas Triyodotironina (T_3) y Tiroxina (T_4) son modificaciones del aminoácido tirosina (Leloir y Foglia 1985, Nirris 1996), en la acuicultura son consideradas de gran importancia ya que están asociadas con la regulación del metabolismo, del desarrollo y crecimiento en las larvas de peces (Tanaka 1995). Además, juega un importante papel en las migraciones diadromas y posiblemente tenga que ver con la osmorregulación (Lagler, et al. 1997). La Tiroxina (T_4) y la Triyodotironina (T_3) son producto de la glándula tiroidea en vertebrados; en los peces la glándula tiroidea tiene gran variedad de formas y se encuentra en diferentes niveles en las distintas formas. Puede tener un solo lóbulo, como en los elasmobranquios; dos, como en algunos teléosteos, o estar difuso en grupos de células esparcidas (Montagna 1976). En los ciclóstomos, forma una glándula poco organizada que se extiende a lo largo de la aorta ventral, penetrando en los arcos branquiales (Barrington 1977).

ESTRUCTURA DE LA TIROIDES

La estructura histológica de la glándula es muy característica, ya que su estructura esferoidal esta compuesta por una capa de células epiteliales conocidas como células foliculares las cuales rodean el lumen folicular, que contiene el coloide. El aspecto del mismo varia en función del estado de las células, cuya forma puede ser desde muy aplastada y casi escamosa hasta cúbica, e incluso columnar. Esta variación refleja la

actividad de la glándula, la cual está muy vascularizada. Tiene un efecto en la regulación del metabolismo del organismo (Norris 1996). La T_3 y la T_4 se sintetizan en el coloide por iodización y la condensación de moléculas de tirosina. El componente principal del coloide es una glucoproteína, la tiroglobulina (TG) la cual tiene la propiedad de ser muy susceptible a iodinarse debido a su orientación espacial, favoreciendo con ello la síntesis de hormonas (Flores y Cabeza 1995).

El proceso de formación de las hormonas tiroideas consta de los siguientes pasos: captación de yodo, oxidación y organificación, acoplamiento y secreción.

CAPTACIÓN. El yodo que ingresa por el tubo digestivo, pasa al torrente sanguíneo, y es incorporado por las células foliculares por dos mecanismos que son: difusión desde el líquido extracelular, y por un transporte activo “bomba de yodo”, que forma un gradiente electroquímico membranar e intracelular dependiente de la hormona estimulante de la tiroides (TSH) o Tirotropina, con la intervención del sistema ATPasa, sodio y potasio.

OXIDACIÓN Y ORGANIFICACIÓN. Una vez captado por las células foliculares, el yodo inorgánico es transformado en yodo orgánico, mediante el proceso enzimático en el que interviene la tiroperoxidasa y se conoce como oxidación, esta reacción tiene lugar en la interfase célula-coloide e intervienen de manera estimulante TSH, peróxido de hidrógeno, prostaglandinas y adrenalina. Como organificación se conoce el proceso de incorporación del yodo ya oxidado a compuestos orgánicos como la TG, formándose así la monoyodotirosina (MIT) y diyodotirosina (DIT), Esta reacción ocurre dentro del coloide folicular.

ACOPLAMIENTO. Se produce la unión de la monoyodotirosina (MIT) y diyodotirosina (DIT) para formar la T_3 y T_4 .

SECRECIÓN. Mediante el estímulo de TSH las T_3 y T_4 contenidas en las moléculas de iodotiroglobulina del coloide folicular son introducidos al espacio intracelular por un proceso de endocitosis a nivel de la membrana apical. La T_3 y T_4 son enviados a la circulación por exocitosis a través de microtúbulos y microfilamentos de la célula.

TRANSPORTE, METABOLISMO Y DEGRADACIÓN HORMONAL. En la regulación, el 99.97% de las hormonas tiroideas está unido a ciertas proteínas plasmáticas, lo que las hace biológicamente inactivas. Las proteínas plasmáticas, capaces de unir hormonas tiroideas, son globulina fijadora de tiroxina (TBG), prealbúmina (TBPA) y albúmina. La T_4 libre circulante es la fracción activa de la hormona y la encargada de la regulación de TSH. Respecto a la T_3 , se calcula que solo el 20% proviene de la tiroides, y que el 80% restante es producto de la transformación periférica de la T_4 por monodeiodinación del anillo.

La principal vía catabólica de las hormonas tiroideas es la deiodinación; esta ocurre en tejidos como riñón, corazón, hígado y adenohipófisis. El yodo liberado se elimina por heces y orina. La T_3 y T_4 se metabolizan por deaminación, produciéndose análogos del ácido pirúvico, como el ácido triiodotiropirúvico.

MECANISMOS DE ACCIÓN CELULAR. La T_3 y T_4 penetran en el citoplasma celular de sus tejidos blanco, en donde la mayor parte de T_4 se deiodina transformándose en T_3 la cual es más activa. En el núcleo se unen a una proteína ácida no histona (aceptor) llamada proteína receptor del tiroides (TRs), que actúa sobre el DNA aumentando la síntesis de RNA mensajero y ribosomal (Flores y Cabeza 1995).

EFFECTOS DE LAS HORMONAS T_3 Y T_4 EN PECES

El papel del desarrollo temprano y la metamorfosis es establecido en mamíferos y anfibios respectivamente y recientemente en varios estudios en peces las T_3 y T_4 son de gran importancia en la metamorfosis (Power, et al. 2001). En trabajos realizados se ha demostrado que las hormonas influyen en numerosos procesos del desarrollo en embriones, larvas y adultos. La mayoría de los tratamientos aplicados con hormonas

tiroideas exógenas tienen como resultado cambios en el cuerpo y aceleran el desarrollo de la piel, espinas, y escamas. (Brown y Kim 1995).

Cuando la concentración de tiroxina es baja en la sangre, la hipófisis lo detecta y aumenta la producción de TSH que estimula al tiroides para que produzca y libere más hormona tiroidea; cuando el nivel de hormonas tiroideas es alto, la hipófisis se frena, baja la TSH en sangre y la actividad del tiroides se vuelve lenta. Cuando hay grandes cantidades de hormona tireotropa, el tejido tiroideo crece desproporcionadamente formando el bocio. (Montagna 1976 y Norris 1996). En los peces la glándula tiroides puede estar difusa en grupos de células esparcidas, esta constitución morfológica favorece la proliferación y desprendimiento de pequeños complejos glandulares tiroideos los cuales ingresan en los vasos sanguíneos siendo llevados en la corriente de sangre a los territorios más alejados del cuerpo. Las porciones de glándula tiroides desprendidas pueden de esta manera invadir el organismo del pez y comenzar a proliferar; de acuerdo con la ubicación de la glándula se sitúan con preferencia en la región de la cabeza. Con gran frecuencia penetran las porciones de glándula tiroides en las branquias o en el suelo de la boca. Se multiplican en estos puntos rápidamente y forman un carcinoma maligno gruesos nódulos que impiden la respiración. (Hermann y Klinke 1982).

En el presente trabajo se administro tiroxina con el objeto de determinar el efecto que tiene como promotor del crecimiento en *Poecilia reticulata*, con la finalidad de obtener especies de mayor tamaño en poco tiempo.

ANTECEDENTES

Miwa e Inui, 1987. Describen el efecto que tiene T_4 y T_3 en la metamorfosis de *Paralichthys olivaceus*. Realizaron dos experimentos, en el primero manejaron tres dosis de tiroxina 30ppm., 10 ppm. y 1 ppm. que se administraron en la etapa pre-metamórfica de la larva de *Paralichthys olivaceus*, vieron que a 30ppm. solo causa el éxtasis metamórfico, a 10ppm. induce la metamorfosis y a 1ppm. no hay efecto alguno. En el segundo experimento manejaron dos dosis de T_4 y tres de T_3 , observaron que la T_3 es más potente para inducir la metamorfosis que la T_4 . Concluyen que los eventos metamórficos de la larva dependen de las concentraciones de las hormonas T_3 y T_4 , además que la potenciabilidad biológica entre las dos hormonas es relativa.

Reddy y Lam, 1992. Reportan el efecto de la Eltroxin (L-tiroxina-sodio, T_4) por inmersión a concentraciones de 0.01, 0.02, 0.05 y 0.10 ppm. en larvas y alevines de la carpa dorada de *Carassius auratus*. Realizaron dos experimentos, en el primero encontraron que en el tratamiento hormonado hubo una diferenciación y crecimiento en las aletas anal y dorsal que en el grupo control; y que en la concentración 0.10 ppm T_4 se presentaron anomalías especialmente en la columna vertebral y en las aletas pectorales. En el segundo experimento vieron que el tratamiento hormonado acelera la formación de las escamas. Después de los 5 días notaron que el cuerpo estaba completamente cubierto de escamas. También aumentó el número de melanóforos, además que presentaron hipertiroidismo.

Brown y Kim, 1995. Determinaron cual era el efecto de la interacción de la hormona cortisol y T_3 para ver si inducía la función digestiva en la utilización del alimento y si afectaba el crecimiento en larvas *Polydactylus sexfilis*.

Inui, Yamano y Miwa, 1995. Resumen el importante papel así como la respuesta que tienen las hormonas tiroideas en el desarrollo y la diferenciación del tejido durante la metamorfosis del lenguado Japonés *Paralichthys olivaceus*.

Young, McCormick, Björnsson y Bern, 1995. Estudiaron la respuesta que tiene el sistema endocrino: hormona de crecimiento, cortisol y tiroxina después de 24hr. de exposición al agua marina, examinando antes, durante y después de la transformación cría-juvenil de salmón coho (*Oncorhynchus kisutch*), de Marzo a Septiembre. Encontraron que el factor de condición (estado fisiológico del pez) declinaba en Abril, se incrementaba la osmorregulación, después de que se transfería a las crías a agua marina. En agua dulce los niveles de tiroxina en el plasma se elevaba de Marzo-Abril, el nivel de cortisol se incrementaba de Marzo-Junio. La hormona de crecimiento se mantuvo elevada durante el período de experimentación.

Manzon y Youson, 1997. Determinaron los efectos de la tiroxina exógena (T_4 10mg/litro) y triyodotironina (T_3) en presencia y ausencia de Perclorato de Potasio ($KClO_4$, 0.01%) en la incidencia de la metamorfosis de la larva lamprea marina (*Petromizon marinus*). Encontrando una metamorfosis precoz en las semanas 8, 12 y 24 tratadas con $KClO_4$ comparada con el control.

Hutchison y Iwata, 1998. Estudiaron el efecto de la hormona tiroxina en el comportamiento agresivo de tres especies de Salmónidos: *Salmo trutta*, *Oncorhynchus mykiss* y *Onchorynkus mason*, tratadas durante su periodo pre-migratorio. Se les administró tiroxina (T_4 1mg/g alimento) por tres días. Encontrando que las especies tratadas con T_4 muestra una importante reducción del comportamiento agresivo comparada con el control. En las no-anádromo de arroyo, demostraron que no hay cambios en la agresión después del tratamiento con T_4 .

De Jesús, Toledo y Simpas, 1998. Evaluaron los efectos de las hormonas tiroideas en la metamorfosis del Mero (*Epinephelus coioides*) y determinaron si la aplicación de las hormonas mejora la supervivencia de la larva. Las dosis que usaron fue de 0.01, 0.1 y 1ppm. de T_3 y T_4 por inmersión durante 2, 3 y 4 semanas de tratamiento. Los resultados muestran que la mejor dosis para acelerar la metamorfosis es de .01ppm. de T_4 y mejora la sobrevivencia de la larva del Mero a la 3 y 4 semana de tratamiento.

Leiner y Mackenzie, 2001. Realizaron dos experimentos, en el primero determinaron los efectos de fotoperíodos cortos y largos en el incremento en circulación de la hormona tiroidea, además del crecimiento, eficiencia y consumo del alimento en *Sciaenops ocellatus*. Encontrando que en los fotoperíodos largos (16L:8O) crecen significativamente y muestran una mayor eficiencia del alimento que en cortos fotoperíodos, en el consumo de alimento no hubo cambios. En el segundo experimento determinaron el ritmo diurno de la hormona tiroidea, encontrando que el ritmo circulante de la T₄ persiste dos ciclos completos con una amplitud constante en peces.

Dzikowski, Hulata, Karplus y Harpaz, 2001. Determinaron la temperatura óptima en la producción de hembras guppy a temperaturas de 20° a 32° C, e investigaron si la suplementación con L-Carnitina (aminoácido de la serie L , estimula el crecimiento, incrementa el peso y restablece el balance nitrogenado) en la dieta con una dosis de (1.1 g/kg. alimento), puede ayudar a mitigar los problemas reproductivos asociados con la temperatura. Encontraron que la producción de alevines se lleva a cabo a una temperatura de 25-27° C ; y a 32° C causa un aumento de hembras y una mortalidad elevada de alevines. En la suplementación con L-Carnitina no tiene un efecto significativo.

OBJETIVOS

- Determinar la concentración óptima de Tiroxina para acelerar el crecimiento en Guppy (*Poecilia reticulata*) por medio del alimento.
- Establecer la relación peso- longitud en peces Guppy (*Poecilia reticulata*).
- Estimar la tasa de crecimiento instantáneo en Guppy (*Poecilia reticulata*).

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Son peces dulceacuícolas tropicales, omnívoros, vivíparos, y de fecundación interna, rara vez rebasan los 6 centímetros de longitud y las hembras son más grandes que los machos. Tienen la boca oblicua, los ojos grandes, el dorso deprimido y el pedúnculo caudal alto y lateralmente comprimido. La aleta anal de los machos se modifica en el órgano intromitente llamado gonopodio para poder fecundar a la hembra. Las hembras tienen la capacidad de almacenar el esperma hasta más de 10 meses, por lo que pueden parir varias generaciones de crías a partir de un solo apareamiento. Habita indistintamente en cuerpos de agua pequeños y poco profundo, formando grupos muy dispersos y en constante movimiento. (Meffe y Snelson 1989).

Sistemática de la especie. (Álvarez 1970)

Phylum: Chordata

Subphylum: Gnathostomata

Clase: Osteichthyes

Subclase: Actinopterygii

Orden: Cyprinodontiformes

Suborden: Cyprinodotoidei

Familia: Poeciliidae

Género: *Poecilia*

Especie : *Poecilia reticulata* (Peters 1859)

Nombre común: Guppy



Fig.1 *Poecilia reticulata* (Tomada de <http://www.la-atlantida.com/7contac/1menu.htm>)

MATERIAL Y MÉTODOS

Los peces utilizados fueron *Poecilia reticulata*, los cuales se mantuvieron en acuarios con capacidad de 60 y 100 litros de agua con filtros de plataforma y en condiciones controladas a temperatura de $28 \pm 1^\circ\text{C}$, un pH de 7.5 ± 0.01 y aeración constante, fueron alimentados diariamente con alimento peletizado para trucha etapa iniciador. Cada semana se retiraron los residuos acumulados en los acuarios, se hicieron cambios parciales de agua, se aplicaron medidas preventivas y en su caso profilácticas para evitar enfermedades y parásitos.

Se prepararon acuarios con capacidad de 60 litros conservando las mismas condiciones antes mencionadas y maternidades para evitar que las hembras adultas se comieran las crías y se introdujeron hembras grávidas (hembras con embriones) que fueron seleccionadas las cuales se detectaron por tener el abdomen muy desarrollado y de color oscuro. Una vez nacidas las crías a los 15 días se registró su peso y longitud utilizando para su manejo una caja Petri y una balanza analítica marca Ainsworth capacidad 0.0001gr. Un total de 120 organismos se distribuyeron en 12 acuarios colocando 10 organismos en cada uno de ellos. Con los acuarios se formaron tres grupos que representaban un tratamiento cada uno de ellos (0mg/kg control, dosis 10mg/kg y dosis 15mg/kg) y con cuatro repeticiones cada tratamiento.

Diariamente se alimentaron con el 10% de la biomasa total en una sola aplicación con alimento hormonado en las dosis experimentales y alimento sin hormonar en el caso del grupo control. Cada 15 días se pesaron y midieron durante el tiempo de tratamiento.

Preparación del alimento.

Para la preparación del alimento se tomó en cuenta la técnica de Guerrero (1975), utilizando alimento peletizado trucha-iniciador de la marca Purina en presentación de harina.

Con los datos de longitud y peso promedio final e inicial se determinó la tasa instantánea de crecimiento utilizando la siguiente ecuación (Allen 1950 en Wootton 1990) :

$$\text{T.C.I.} = \frac{X_2 - X_1}{T_2 - T_1}$$

X= peso o talla
T= tiempo

La relación peso-longitud se analizó mediante la ecuación de Le Cren (Gerking, 1978):

$$W = aL^b$$

Donde :

W = Peso del pez en gramos.

a = Factor de condición.

L = Longitud del pez en milímetros.

b = Tipo de crecimiento.

Se aplicó la prueba estadística de ANOVA simple, utilizando el programa Statistica versión 4.1 para Windows para establecer si existieron o no diferencias entre el grupo control y los tratamientos y en caso de haber diferencias se aplicó la prueba de Tukey para determinar entre que grupos existieron diferencia.

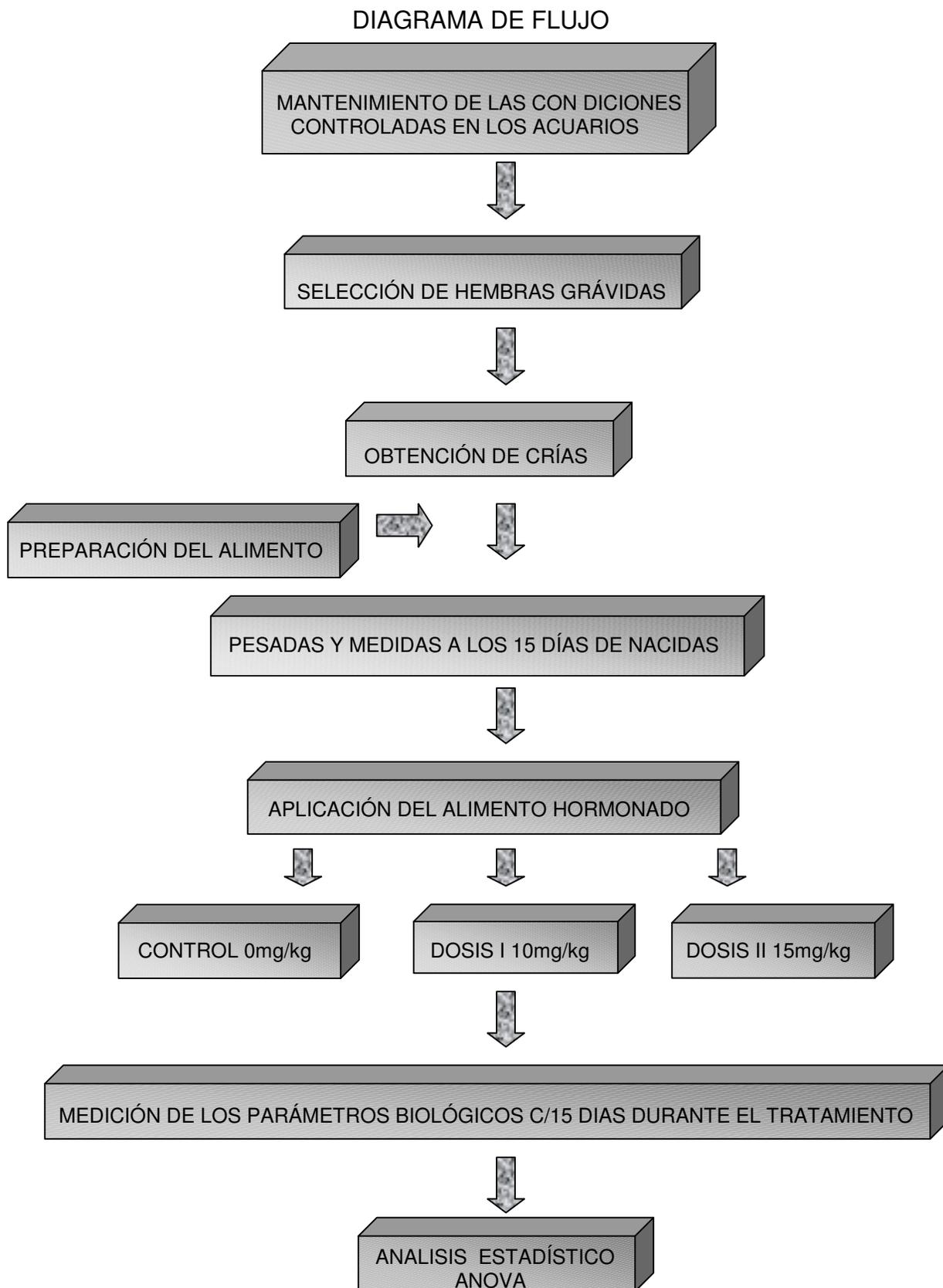


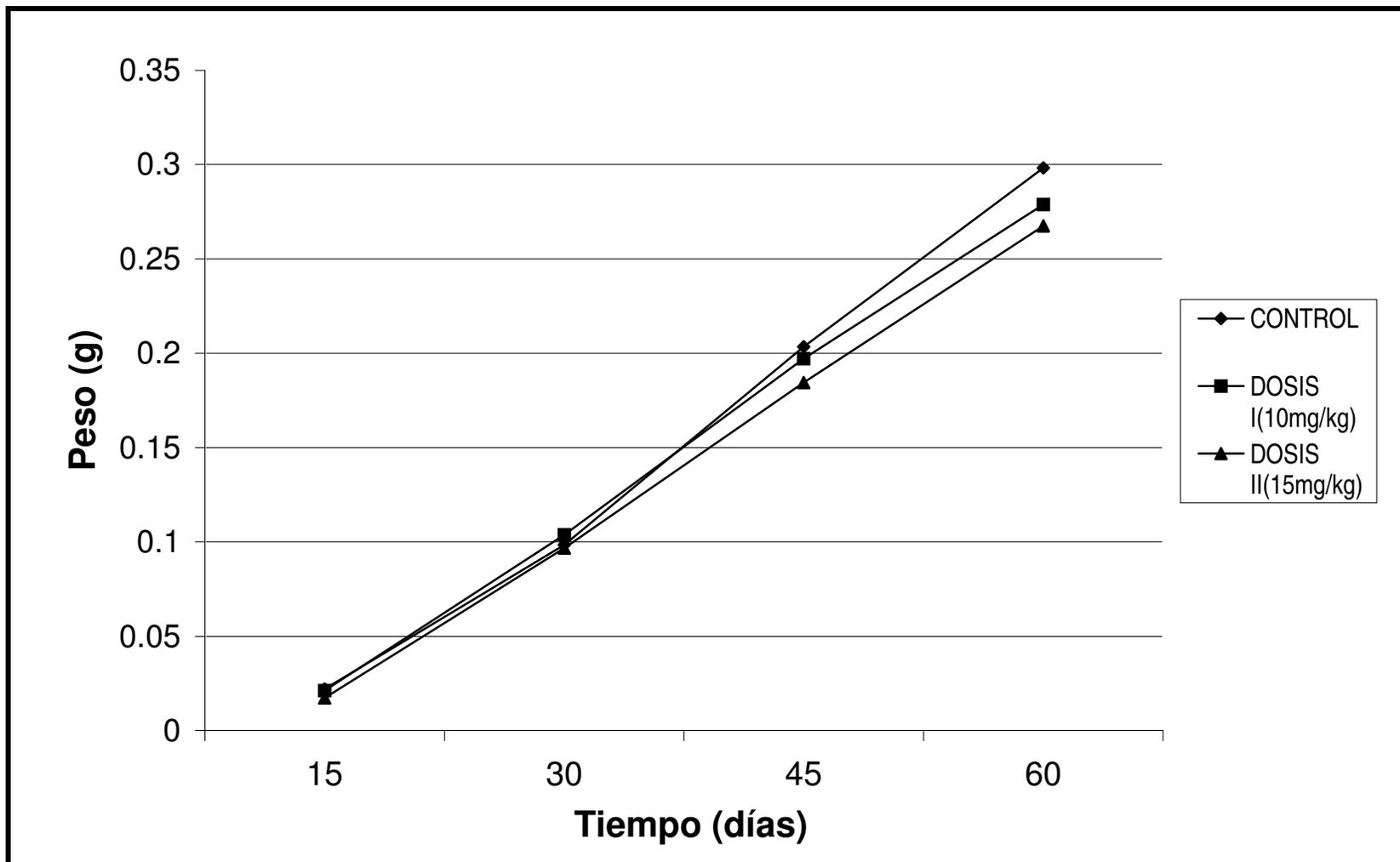
Fig. 2 Metodología empleada.

RESULTADOS

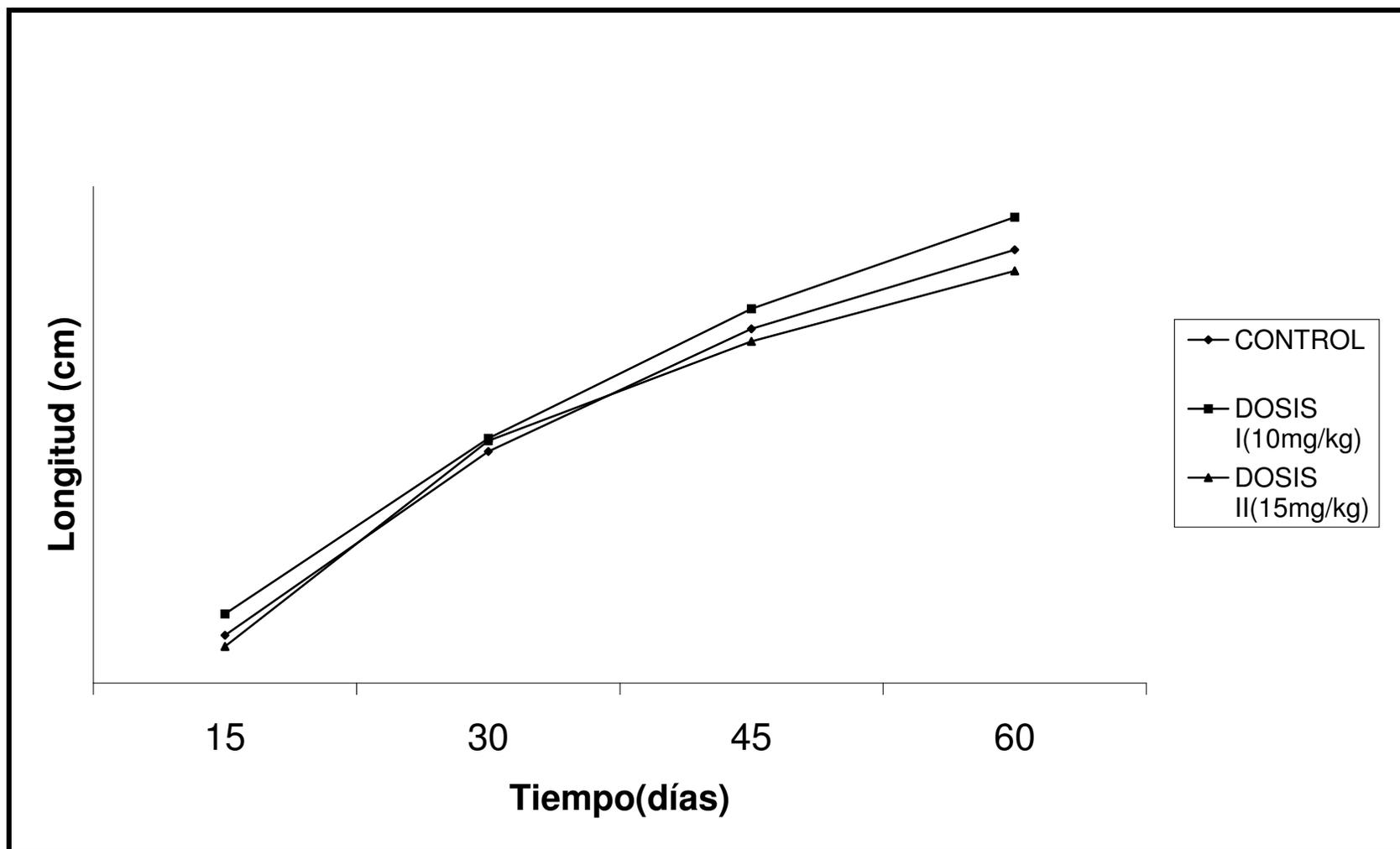
Determinación del peso y longitud.

En lo que respecta al crecimiento los resultados obtenidos del peso (gr.) (gráfica 1), se observa que el grupo control y los grupos experimentales el peso se mantiene homogéneo (0.0021gr.-0.0022gr.); a los 30 días la dosis I (10mg/kg) tiene un valor más alto en peso (0.1037gr), a partir de los 45 días el grupo control tiene valores más altos en peso (0.2035gr.- 0.2981gr.)

En cuanto a la longitud (gráfica 2) se observa que a los 15 días el grupo control y el grupo experimental la longitud se mantiene similar, a partir de los 30 días la dosis I (10mg/kg) tiene un mayor incremento en longitud (cm) con un promedio de 2.135 cm., 2.6825 cm. y 3.07 cm.; le sigue el control que tiene un promedio de 2.5975 cm y 2.9325 cm; a los 30 días la dosis II (15mg/kg) tiene un ligero incremento con un promedio de 2.125 cm. después decae el crecimiento con 2.545 cm. y 2.8425 cm.



Gráfica 1. Variación del peso promedio (g) del grupo control y de los grupos experimentales respecto al tiempo durante 45 días de tratamiento en *Poecilia reticulata*.



Gráfica 2. Variación de la longitud promedio (cm) del grupo control y de los grupos experimentales respecto al tiempo durante 45 días de tratamiento en *Poecilia reticulata*.

Tasa de crecimiento instantáneo.

En la gráfica 3 se observa la tendencia del crecimiento en peso, en donde se presenta que a los 15 días la dosis I (10mg/kg) incrementa la tasa de crecimiento(0.0054g.), ya a partir de los 30 días las tasas de crecimiento del grupo control son altas a lo largo del período de experimentación comparadas con las dosis.

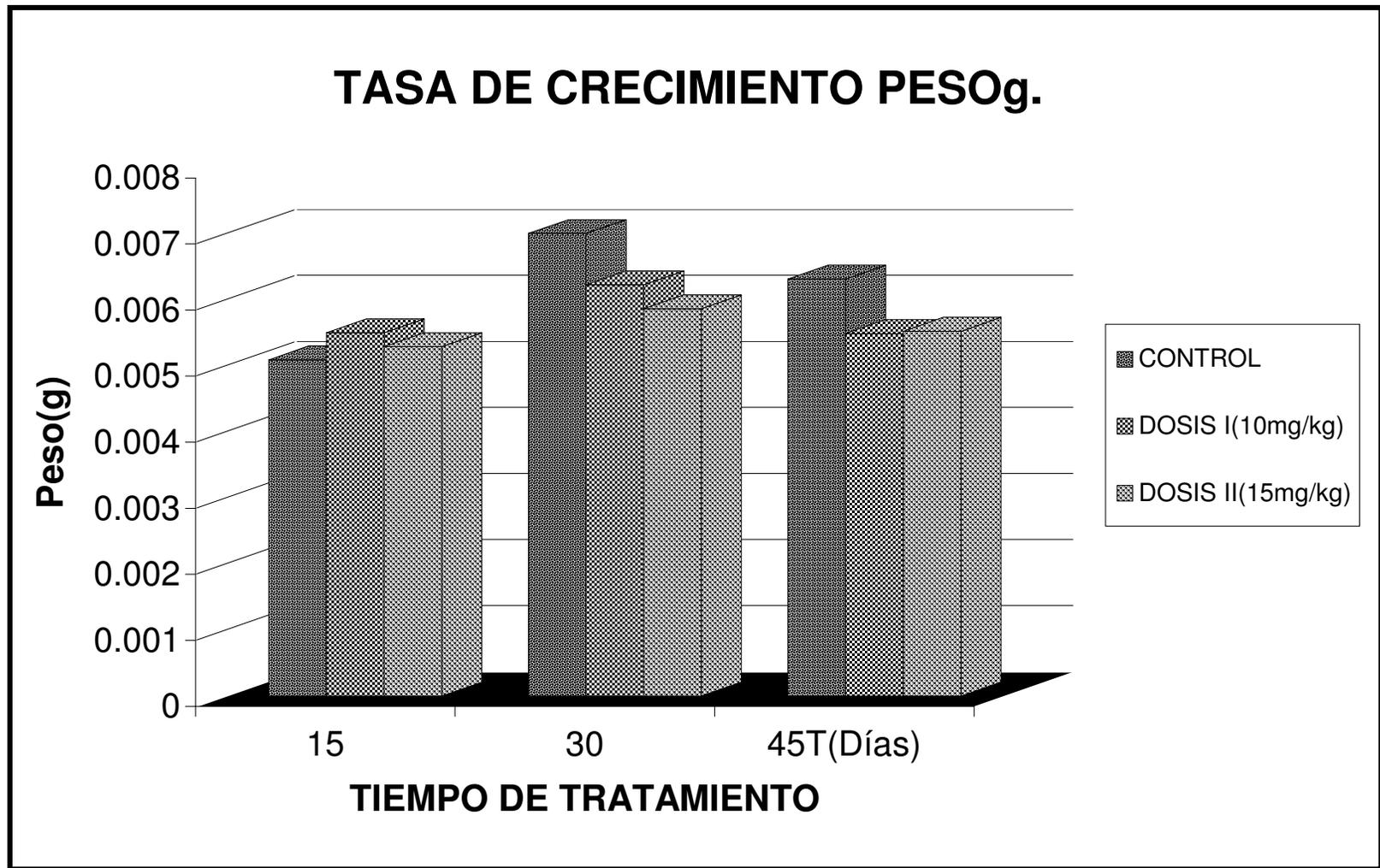
Tasa de crecimiento Instantánea en longitud cm.

En lo que respecta al crecimiento se observa que en la gráfica 4 las tasas de crecimiento a los 15 días es homogénea (0.050 cm. - 0.051 cm.), a partir de los 30 días aumenta la tasa de crecimiento de la dosis I (10mg/kg) con 0.0365 cm. y 0.0258 cm. ; comparadas con el control (0.0345 cm. y 0.0223 cm.) y la dosis II (15mg/kg) con 0.028 cm y 0.0198 cm.

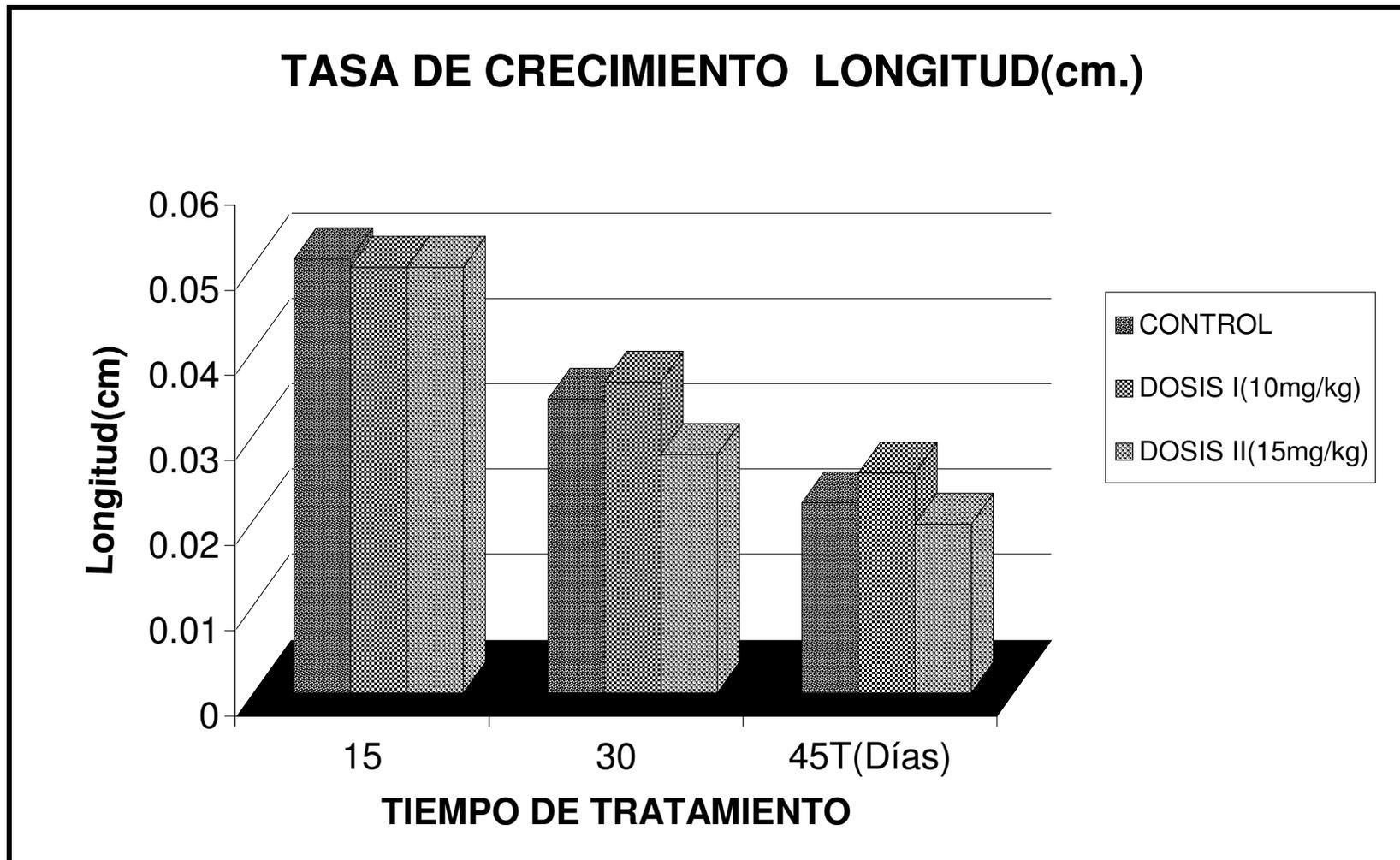
Tasas de crecimiento instantánea en peso (g) y longitud (cm).

En la gráfica 5 se observa las tasas de crecimiento instantánea en peso en donde el grupo control es el que tiene un mayor aumento con 0.0061gr/día comparadas con la dosis I(10mg/kg) con 0.0057 y la dosis II(15mg/kg) con 0.0055.

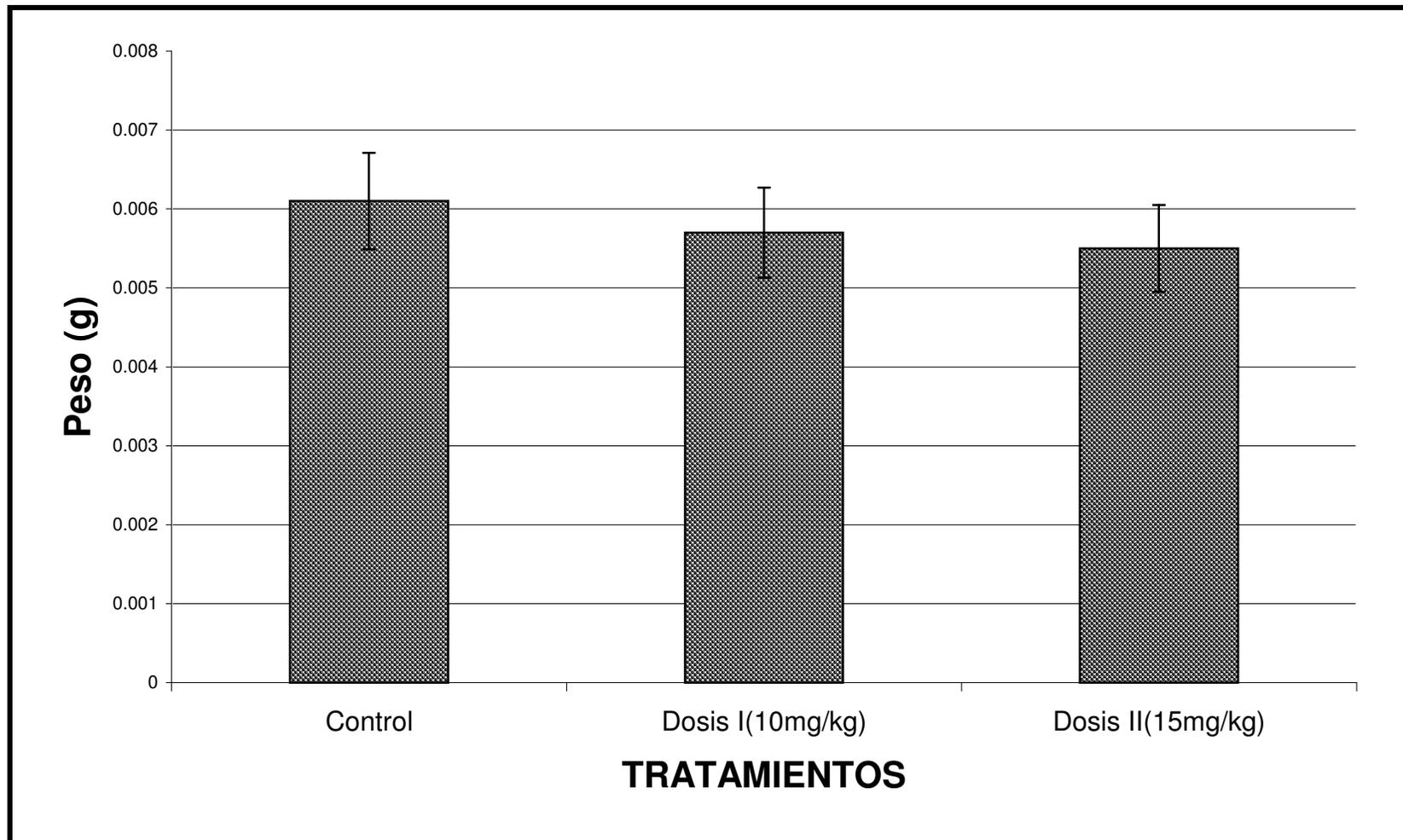
En la gráfica 6 se observa las tasas de crecimiento instantánea en longitud en donde la dosis I (10mg/kg) es la que presenta un mayor aumento con 0.037cm/día comparado con el control con 0.036 y la dosis II (15mg/kg) con 0.035.



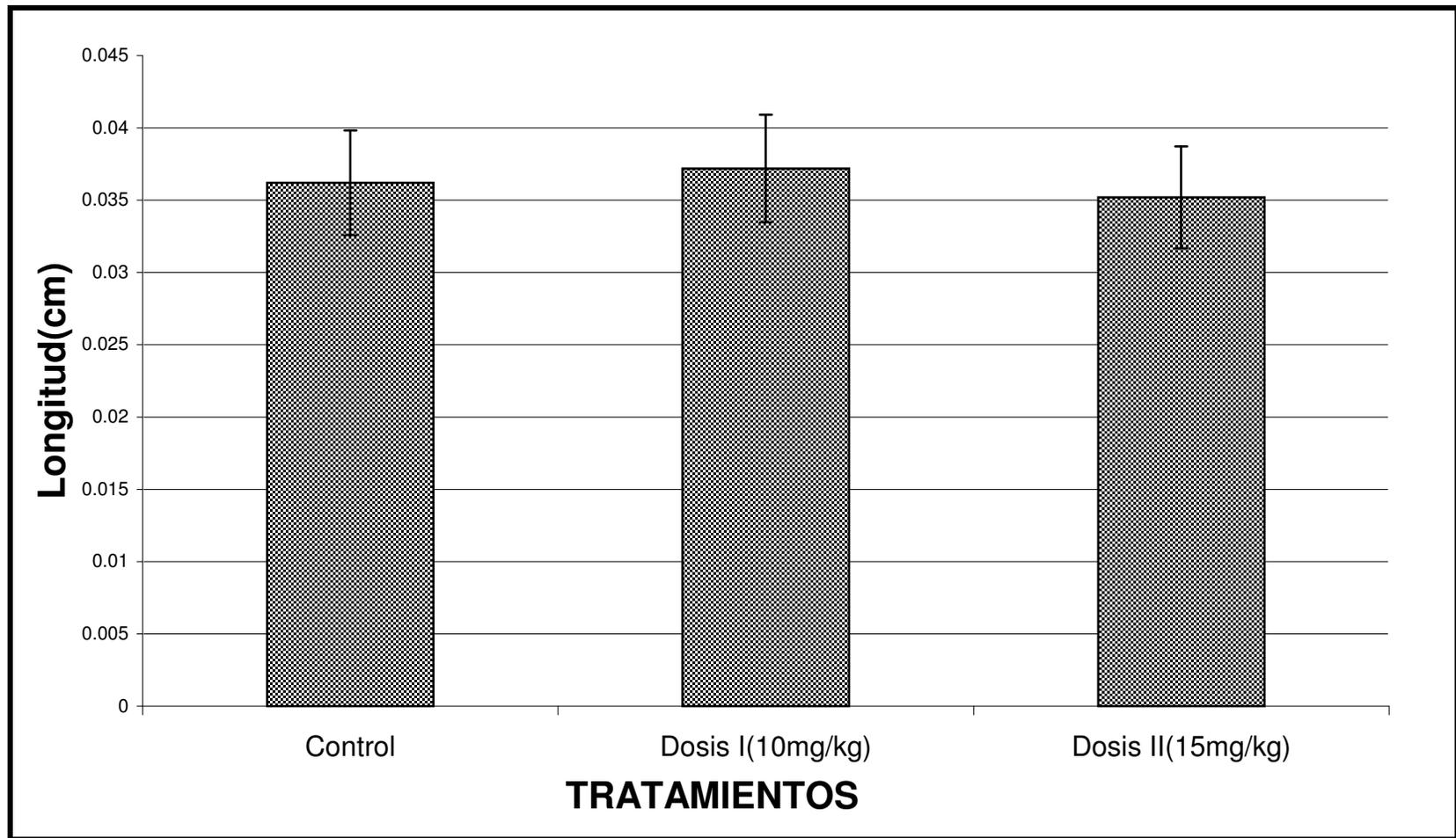
Gráfica 3. Tasa de crecimiento instantánea en peso (g) con respecto al tiempo.



Gráfica 4 Tasa de crecimiento Instantánea en longitud (cm) con respecto al tiempo.



Gráfica 5. Tasa de crecimiento instantánea en peso (g) del grupo control y de los experimentales durante el tiempo de tratamiento.



Gráfica 6. Tasa de crecimiento instantánea en longitud (cm) del grupo control y de los experimentales durante el tiempo de tratamiento.

Relación Peso- Longitud

El factor de condición más bajo fue de 0.0024 a los 60 días en la dosis II (15mg/kg), mientras que el más alto se presentó en la dosis I (10mg/kg) con 0.03 a los 30 días de tratamiento.

Tabla 1. Factor de Condición durante el tiempo de tratamiento.

Tiempo	CONTROL	DOSIS I 10mg/kg.	DOSIS II 15mg/kg.
15 Días	0.0079	0.0149	0.0146
30 Días	0.0042	0.03	0.0232
45 Días	0.0129	0.019	0.0152
60 Días	0.0106	0.0099	0.0024

La relación peso-longitud fue del tipo alométrico ($\bullet 3$) durante el tiempo de tratamiento tabla 2, de acuerdo a la prueba de "t" de Student al 95% de confianza ($p < 95\%$) (Tabla 3 anexo). Por lo tanto, se observó que los peces en tratamiento crecieron más en longitud que en peso, mientras que los peces del grupo control crecieron más en peso que en longitud.

Tabla 2. Tipo de Crecimiento

GRUPOS	FACTOR DE CONDICIÓN FINAL	TIPO DE CRECIMIENTO.
CONTROL	0.0106	3.5362
DOSIS I 10mg/kg.	0.0099	2.0105
DOSIS II 15mg/kg.	0.0024	2.4505

El análisis de varianza el cual se realizó para las variables longitud total y el peso, determinaron que no hubo diferencias significativas entre las medias del peso de los tratamientos y el grupo control. Sin embargo, si hubo diferencias significativas entre las medias de la longitud de los tratamientos. Por lo cual se aplicó la prueba de Tukey con el objeto de determinar entre que grupos existieron diferencias.

Discusión y análisis

Determinación del crecimiento en Peso

Para el aumento en peso, en el grupo control se obtuvo tasas de crecimiento altas (gráfica 3), comparado con las dosis I (10mg/kg) y II (15mg/kg) con un promedio de 0.0061gr/día (gráfica 5) y en comparación con el trabajo de Mendiola (2003), en el que obtuvo 0.0043gr/día, a lo largo de la experimentación, una de las posibles causas que explica esto es que está en relación al tipo de alimento que consume el pez, ya que la grasa y la proteína son los principales componentes energéticos del cuerpo de los peces (Watanabe 1994). Cabe mencionar que el tipo de alimento fue peletizado trucha iniciador el cual contenía un 50% de proteína y un 15% de grasa, por lo tanto el aporte de la proteína con la ración es eficaz cuando la mayor parte posible de aquella se aprovecha para la constitución de proteína corporal, es decir para producir aumentos de peso en el organismo. Si se administra proteína en exceso forzosamente se emplea parte de la misma con fines energéticos. Si por el contrario el organismo dispone de poca proteína, hay un menor crecimiento en los peces (Steffens 1987). Sin embargo el crecimiento no siempre es el resultado de la síntesis de las proteínas. Muy a menudo se debe a un aumento en el contenido de grasa en los tejidos. Si bien la proteína causa la acumulación de grasa y en consecuencia el crecimiento, esto también se logra con dietas ricas en carbohidratos (Hepher 1993).

Las grasas son importantes productoras de energía para los peces, también desempeñan un importante papel como reguladoras del metabolismo, para un crecimiento normal y sobrevivencia de las larvas de peces. Las cantidades excedentes de grasa se acumulan en forma de depósitos, entre otros en las cavidades orgánicas y los músculos blancos (Watanabe y Kiron 1994).

Por consiguiente, cuando la dieta es deficiente en cualquier nutrimento esencial para el crecimiento, como un aminoácido, un ácido graso, una vitamina o un mineral esencial, se requiere una alimentación equilibrada para satisfacer la necesidad de estos elementos deficientes.

También es importante el destino del nutriente en el cuerpo, ya sea que se convierta en tejido proteico o se acumule como lípido. Sin embargo, cuando los peces se alimentan en exceso, cuando el alimento no es adecuado y, o cuando las condiciones ambientales son desfavorables la eficiencia disminuye con rapidez (Hepher 1993).

Es por eso que la dieta alimenticia es considerada de gran importancia para la cría de larvas, debido a su tasa metabólica, rápido crecimiento y consumo de alimento, por lo que su cultivo debe ser manejado apropiadamente para lograr un alto grado de sobrevivencia y producir crías con características adecuadas para lograr un excelente desarrollo y crecimiento.

Por otra parte aunque no hubo diferencias significativas al 95% de confianza (Tabla 1) entre el tratamiento y el control, en cuanto al peso (ver gráfica 1). Probablemente se vio afectado por la tiroxina ya que esta acelera el metabolismo, provocando un incremento de la producción de calor y por lo tanto hay una pérdida de peso y una reducción de las grasas debido a la mayor demanda de calor. Estos efectos, sin embargo, no son necesariamente de las hormonas tiroideas; pueden intervenir en ellos la acción de otras hormonas, como la somatotropina u hormona de crecimiento y los glucocorticoides, que se hallan implicados en la respuesta termogénica (Eckert y Randall 1994). También las hormonas tiroideas tienen un efecto relacionado con los carbohidratos, lípidos y el metabolismo de las proteínas (Norris 1996).

Por otra parte, el crecimiento en peso también se puede ver afectado por el ciclo reproductivo, ya que la maduración de las gónadas usualmente incrementa el peso o se inhibe, incluso se suspende temporalmente el crecimiento y enseguida es correlacionado con el peso total del pez. Este incremento en peso se pierde por la descarga de los gametos. Estos cambios en peso no se acompañan por cambios en longitud (Wootton 1990). Las gónadas, totalmente desarrolladas, pueden constituir una proporción considerable del peso corporal total, ya que puede ser el 20% del peso total del pez, en otras especies superan el 30% (Hepher 1993, Lagler et al. 1997, Nikolsky 1963).

Para el crecimiento en longitud.

El aumento en longitud (gráfica 2) describe una curva de tipo exponencial, este suele ser muy rápido al principio, cuando el pez es muy joven, pero se va haciendo más y más lento a medida que este alcanza su longitud máxima. Tal comportamiento se ve claramente reflejado en estos organismos debido a que el crecimiento en juveniles es muy rápido, consecuencia de ser organismos capaces de comenzar, a alimentarse casi inmediatamente después de la eclosión, ya que se ha observado en laboratorio que llegan a crecer de 0.1mm. a 0.5mm. por día y en estado adulto los machos cesan de crecer después de alcanzar la madurez sexual (Meffe y Snelson 1989).

Respecto a la tasa de crecimiento en longitud, se tiene que la dosis 10mg/kg presentó el mayor incremento con 0.037cm/día (gráfica 6), comparado con la dosis II (15mg/kg) y el control, y en comparación con el trabajo de García (2001), el cual obtuvo 0.014cm/día y con el trabajo de Mendiola (2003) que obtuvo 0.0067cm/día. Estos resultados evidencian que la ganancia en longitud se debe a la hormona, la cual actúa en el crecimiento y el desarrollo temprano del sistema nervioso central y el sistema esquelético (Inui, Yamano y Miwa 1992), a través de efectos directos e indirectos y a través del sinergismo con otras hormonas, como son las hormonas: somatropina, insulina, andrógenas, estrógenos, glucocorticoides (Flores y Cabeza 1995). Por ejemplo, el efecto de TSH en el crecimiento del sistema esquelético puede estar en combinación con la hormona de crecimiento y cortisol (Weatherley 1987, Evans 1993). En la carpa (*C. carpio*) tratada con T_4 0.05ppm y 0.10ppm acelera la formación temprana de las escamas y los radios de las aletas, también estimula el metabolismo del calcio (Reddy y Lam 1992). Además, reportan que a 0.10ppm T_4 es la adecuada para el desarrollo y el crecimiento de la larva en Tilapia (*O. mossambicus*). Sin embargo, aunque es difícil definir el modo de acción de las hormonas tiroideas según Barrington (1977), se puede demostrar que ejercen acciones específicas sobre

tejidos determinados, ya que los efectos de las hormonas tiroideas se desarrollan lentamente pueden transcurrir hasta 48hr. Tras un incremento de la concentración de las hormonas tiroideas antes de que los efectos sean visibles. Este retraso está relacionado con el mecanismo de acción de las hormonas tiroideas (Eckert y Randall 1994). Así, el tratamiento de alevines de trucha durante las cuatro primeras semanas de vida, estimula el crecimiento de ciertos huesos dérmicos del cráneo, mientras que el tratamiento de esturiones con tiroxina favorece el crecimiento de los huesos dérmicos y de las escamas. De modo aun más específico, el tratamiento de truchas de un año con tiroxina incrementa la actividad de los condrocitos, con una mayor absorción y fijación de sulfato, que incorporan a la matriz del cartílago (Barrington 1977). En otras especies como la carpa Dorada (*Carassius auratus*) a una concentración de Tiroxina 0.05ppm acelera la formación de escamas según Reddy y Lam (1992).

En peces con hipotiroidismo da origen a una enfermedad de deficiencia (cretinismo en el hombre), en donde el desarrollo somático, nervioso y sexual están gravemente retrasados, la tasa metabólica está reducida a la mitad y la resistencia a las infecciones está igualmente disminuida (Eckert y Randall 1994) y a altas concentraciones de T_4 causa anomalías en las aletas pectorales, además de que causa lordosis y escoliosis en la Tilapia (*Oreochromis mossambicus*), según lo reporta De Jesús et al. (1998). También a altas concentraciones y un prolongado tratamiento inhibe el crecimiento según mencionan Reddy y Lam (1992), esto explicaría el porqué la dosis 15mg/kg no presento un aumento en longitud (ver grafica 2) en comparación con el control y la dosis 10mg/kg por lo tanto considero que a 15mg/kg es una dosis alta que inhibo el crecimiento en el guppy, a pesar de que no se presento en el estadístico diferencias significativas.

Es importante resaltar que en la dosis I (10mg/kg) de tiroxina se observó que presentaron una mayor producción de crías lo cual se debe a que las TSH intervienen en factores como son el crecimiento de las gónadas, el desarrollo de las características sexuales secundarias y el control de la época de la freza o desove (García et al. 1993, Power et al. 2001, Evans 1993). En mamíferos machos hipotiroideos se retarda la maduración sexual, esto se debe a que la síntesis de los andrógenos es baja; en hembras hipotiroideas, el peso de los ovarios se reduce y el ciclo ovárico se vuelve irregular. Estas correlaciones de hipotiroidismo se atribuyen a la reducción de los niveles de la gonadotropina (Malacara, García, Valverde, 1979 y Norris 1996). La gonadotropina influye en la actividad de las gónadas, puede reducir o detener el desarrollo gonadal tanto en el periodo de transición desde la etapa juvenil a la de maduración sexual, como durante el ciclo estacional de desove (Lagler et al. 1997). Por lo tanto los resultados obtenidos concuerdan con lo que menciona Lam (1982) que el tratamiento con hormonas tiroideas produce o estimula el desarrollo de las gónadas en peces inmaduros, ya que la tiroxina juega un papel sinérgico en el aumento de la acción de la gonadotropina en el desarrollo de las gónadas.

Cuando los peces llegan a la madurez sexual se toma en cuenta la edad, el tamaño de la especie y la fisiología. Tal es el caso del guppy (*Poecilia reticulata*) cuyo tamaño máximo es pequeño (6cm.) y su promedio de vida corto (dos años). Esto explicaría porque la tasa de crecimiento en longitud que se obtuvo (ver gráfica 4) va disminuyendo el ritmo del crecimiento, es decir conforme aumenta la edad del guppy va disminuyendo el crecimiento, por lo tanto esto sería una de las numerosas expresiones del envejecimiento (Balinsky 1983). Cabe resaltar que muchas especies de poecilidos presentan diferencias en tamaño (el macho es más pequeño que la hembra), estas diferencias en tamaño se debe a que después de que alcanza su madurez sexual, el macho mantiene un crecimiento lento, hasta que deja de crecer a los 90 días, según Nakajima y Taniguchi (2002), mientras que las hembras continúan creciendo en su etapa adulta (Meffe y Snelson 1989). Por lo tanto, estas diferencias en tamaño, entre los sexos, afectan las tasas de crecimiento y los modelos de crecimiento (Lagler et al. 1997). Por otro lado, también hay factores ambientales (externos) que afectan el crecimiento,

como son la temperatura, el oxígeno, el Ph y la salinidad (Wootton 1990); el factor ambiental más importante es la temperatura, ya que el crecimiento se inhibe a altas temperaturas según Meffe y Snelson (1989). En el guppy el crecimiento se inhibe a 30°-35° C (Dzikowki et al. 2001), ya que se ha demostrado que la temperatura influye sobre la tasa de crecimiento, observándose que al aumentar la temperatura aumenta la tasa de crecimiento (Wheaton 1982). Y por último, los factores relacionados con el pez (internos) como son el sexo, las características genéticas y el estado fisiológico (Wootton 1990).

Por otro lado, también esta especie madura a temprana edad desde los dos meses, según Lagler et al. (1997) o hasta los 6 meses según Scott (1987), de manera que cuando llega a la madurez sexual, el crecimiento de las gónadas necesita un gasto de energía y por ello se establece una competencia fisiológica entre el desarrollo de las gónadas y el crecimiento somático del cuerpo, es decir durante la maduración de las gónadas en muchos peces se inhibe o incluso se suspende temporalmente el crecimiento (Hepher 1993). Lo cual explica porqué en la dosis I (10mg/kg.) se tiene un aumento en longitud y no una ganancia en peso; por otro lado, no concuerda con lo que menciona Meffe y Snelson (1989) en donde las hembras presentan un rápido aumento en peso; debido a su capacidad de almacenar esperma y una vez fecundadas conservan a los embriones en su interior. Las hembras maduran a temprana edad y continúan creciendo en su etapa adulta, mientras que los machos maduran tardíamente para luego detener casi por completo su crecimiento en longitud (Meffe y Snelson 1989). El inicio de la madurez sexual tiene lugar antes o después según las distintas especies atendiendo a su estrategia vital, en hembras grandes son más fecundas y tiene sentido que retrasen su madurez varios años, empleando al principio toda su energía disponible en el crecimiento somático. La edad en la que se requiere por primera vez la madurez sexual es, un equilibrio entre las ventajas de tener un tamaño grande y la mayor probabilidad de morir según la edad aumenta. Una vez que la reproducción ha empezado, el crecimiento somático continúa y es

importante ver como se coordinan ambos tipos de crecimiento a lo largo del desarrollo biológico (García et al. 1993).

La prueba de análisis de varianza determinó que existen diferencias significativas al 95% de confianza (Tabla 2 anexo) en el grupo control y en la dosis I (10mg/kg), en el aumento de la longitud de los peces guppys, es decir el crecimiento observado se debió a la tiroxina dosis 10mg/kg.

Relación peso-longitud.

La relación peso-longitud que se obtuvo durante el tiempo de tratamiento fue del tipo alométrico tanto en el grupo control como en los experimentales, ya que el ritmo de crecimiento fue diferente en peso y longitud, lo cual concuerda con lo que reporta García (2001), Mendiola (2003) y Botello (2002). Ya que en las primeras etapas (0-30 días) de desarrollo del guppy, el crecimiento de los peces es muy rápido durante la etapa de alevín a cría y en este estadio poseen características biológicas distintas a los adultos, especialmente en términos de hábitos alimenticios y tasa de crecimiento, según Meffe y Snelson (1989); por consiguiente, el crecimiento no está controlado únicamente por factores genéticos, sino que está estrechamente relacionado con las condiciones ecológicas existentes, tales como la alimentación, la calidad del agua y la temperatura (Wootton 1990). De manera que el crecimiento de los órganos y partes de la misma cría y alevín, raramente se realiza con el mismo ritmo. A consecuencia de ello las proporciones del organismo cambian con el crecimiento (Balinsky 1983). Con referencia a la cantidad de alimento es de interés ya que es uno de los principales elementos que intervienen en el factor de condición según Wootton (1990) ya que va a indicar periodos de buena o pobre alimentación (Helfman, et al. 1997) y además proporciona datos cuantitativos sobre el contenido en energía o nutrientes. Además las raciones diarias de alimento varían con el tamaño de los peces, tal como sucede con los demás animales pequeños, en el caso de los peces de cuerpo reducido hay una tasa metabólica

más elevada en comparación con la que tienen los peces grandes de la misma especie. Por lo tanto, requieren de relativamente mayor cantidad de alimento para poder mantener la unidad de peso en sus cuerpos a diferencia de los peces mayores que no necesitan tanto (Lagler et al. 1997). En los aumentos de peso se aspira a incrementar la proteína, mientras que son indeseables los depósitos grandes de grasa. Solamente una parte de alimento ingerido es absorbido por el cuerpo y utilizado en el metabolismo. La porción no absorbida abandona el organismo en forma de heces. El alimento absorbido sirve en el metabolismo intermediario para la obtención de energía, así como para cubrir las necesidades de mantenimiento y crecimiento (Steffens 1987). El crecimiento de los guppys se divide en tres partes: En primer lugar crece el cuerpo, en segundo lugar toma color y crece la aleta caudal y por último la aleta dorsal se desarrolla. Por otro lado, el crecimiento del guppy es muy rápido en condiciones de laboratorio, crece en un rango de 0.1mm/día a 0.5mm/día (Meffe y Snelson 1989). El factor de condición que se obtuvo en las primeras etapas de desarrollo fue bajo debido a que depende del estado de nutrición del organismo, además como menciona Weatherley (1972) se ve afectado cuando hay cambios en el peso y la longitud. Cabe mencionar que el mejor estado fisiológico que se obtuvo fue el de la dosis I (10mg/kg) con 0.0300 y el más bajo fue la dosis II (15mg/kg) con 0.0024.

A partir de los 45 días se tiene que la alometría que presenta la dosis I (10mg/kg) de acuerdo a los resultados, se debe a que el pez creció más en longitud, y en la dosis II (15mg/kg) la longitud va disminuyendo debido al efecto que tuvo la tiroxina en el organismo de manera que cuando hay cambios en el peso y longitud afectan el factor de condición; sin embargo, el factor de condición que presentó la dosis I (10mg/kg) fue mejor con 0.0190, el segundo mejor fue la dosis II (15mg/kg) con 0.0152 y por último el control con 0.0129. A los 60 días el mejor factor de condición lo tuvo el control con 0.0106, después le sigue la dosis I (10mg/kg) con 0.0099 y por último la dosis II (15mg/kg) con un factor de condición de 0.0024, estos valores que se obtuvieron en el factor de condición se ven reflejados en el cambio del estado reproductivo o en un inminente desove, que presenta el pez, según lo menciona Helfman, et al. (1997), Wootton (1990) y

Nikolsky (1963) ya que se observó a organismos maduros y por lo tanto un mayor número de crías en las dosis I (10mg/kg) y dosis II (15mg/kg).

El efecto que presentó la tiroxina en la dosis 10mg/kg. fue positivo, con respecto a la longitud, comparado con el grupo control y la dosis II (15mg/kg), ya que la prueba de análisis de varianza determinó que existen diferencias significativas, pero con respecto al peso el grupo control tuvo mayor crecimiento en peso, aunque el análisis estadístico no determinó diferencias significativas. Por otra parte se observó que la tiroxina aceleró el desarrollo de las características sexuales, ya que se encontró que en los tratamientos se observaron una mayor cantidad de hembras maduras y se presentaron en mayor cantidad crías en los acuarios de experimentación comparado con el grupo control.

CONCLUSIONES

- Se concluye que la dosis I de 10mg/kg de tiroxina es la que presentó el mejor efecto en el crecimiento de *Poecilia reticulata*
- La relación peso-longitud durante el tiempo de tratamiento, en *Poecilia reticulata* es de tipo alométrico.
- El factor de condición se vio afectado por el uso de la tiroxina a lo largo del estudio.
- El uso de la tiroxina dosis I de 10mg/kg. aumento las tasas de crecimiento instantánea en longitud en *Poecilia reticulata* durante el tiempo de tratamiento.
- La dosis 10mg/kg de tiroxina aceleró el desarrollo de las características sexuales, por lo que es recomendable analizar el tiempo y forma de administración de la hormona y un estudio histológico de las gónadas del pez para evaluar sus efectos.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez del Villar J., 1970. Peces Mexicanos (claves), México: Comisión Nacional Consultiva de Pesca, 166p.

Bagenal, T. B., 1978. Methods for assessment of fish production in fresh waters, Ed. by T. B. 3° ed. Oxford, 365p.

Balinsky B. I., 1983. Introducción a la embriología, Ed. Omega España 713p.

Bardach J. E. y Ryther J. H., 1982. Acuicultura Crianza y Cultivo de organismos marinos y de agua dulce, AGT editor. 719p.

Barg U. C., 1995. FAO, Orientaciones para la promoción de la ordenación medioambiental del desarrollo de la acuicultura costera. Roma Italia, 138p.

Barrington E. J. W., 1977. Introducción a la Endocrinología General y Comparada, Ed. H. Blume, España, 316p.

Botello C. A. 2002. Estudio de algunos aspectos reproductivos en *Poecilia reticulata*(Pises:Poecillidae) del lago del Parque Tezozomoc, Azcapotzalco. México D.F. Tesis(Biol.) UNAM- Iztacala.

Brown L. C. y Kim B. G., 1995. Combined application of cortisol and triiodothyronine in the culture of larval marine finfish. *Aquaculture* 135:79-86.

De Jesús T. E. G. , Toledo D. J. y Simpas S. M., 1998. Thyroid Hormones Promote Early Metamorphosis in Grouper(*Epinephelus coioides*) Larvae. *General and Comparative Endocrinology* 112:10-16

Dzikowski R., Hulata G., Karplus I., Harpaz S., 2001. Effect of temperature and dietary L-carnitine supplementation on reproductive performance of female guppy (*Poecilia reticulata*). *Aquaculture* 199:323-332.

Eckert R., Randall D., 1994. Fisiología Animal Mecanismos y adaptaciones , 3° edición, Ed. Interamericana MacGraw-Hill . 683p.

Evans H. D., 1993. The Physiology of Fishes. Ed. CRC Pres E.U. 592p.

Flores L. F. y Cabeza de F. A., 1995. Endocrinología, Ed. Méndez, México, 639p.

García B. D., 2001. Evaluación del crecimiento de tres especies de Poecilidos(*Poecilia reticulata*, *Poecilia sphenops* y *Xiphophorus helleri*) y determinación de la producción de crías en estanquería con aguas tratadas. Tesis(Biol.) UNAM- Iztacala.

García de Jalón L. D., Mayo R. M., Hervella R. F., Barcelo C. E. y Fernández C. T., 1993. Principios y técnicas de gestión de la pesca en aguas continentales. Ed. Mundi-Prensa Madrid 247p.

Gerking S. D., 1978. Ecology of Freshwater Fish Production, Blackwell Scientific Publication London 469-492p.

Guerrero R. D., 1975. Use of androgen for the production of all male Tilapia trans. A. Fish. Soc. 104: 324-348.

Hermann H. y Klinke R., 1982. Enfermedades de los peces. Ed. Acribia España, 507p.

Helfman, S.G., Collette, B.B., Facey, E.D., 1997. The diversity of fishes, Massachusetts USA. 598p.

Hepher, B., 1993. Nutrición de peces comerciales en estanques. Limusa. México, 406p.

Hutchison M. J. y Iwata M., 1998. Effect of thyroxine on the decrease of aggressive behavior of four salmonids during the parr-smolt transformation. Aquaculture 168:169-175.

Inui Y., Yamano K., Miwa S., 1995. The role of thyroid hormone in tissue development in metamorphosing flounder. Aquaculture 135:87-98.

Lagler, L.F., J.F. Bardach, R. R. Miller y D. M. Passino, 1997. Ictiología Ed. AGT editor S.A. Léxico 2° edición .489p.

Lam T. J., 1982. Applications of endocrinology to fish culture Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39: 111-137

Leiner K. A. y Mackenzie S. D., 2001. The effects of photoperiod on growth rate and circulating thyroid hormone levels in the red drum, *Sciaenops ocellatus*: evidence for a free-running circadian rhythm of T₄ secretion. Comparative Biochemistry and Physiology Part A 130, 141-149.

Leloir F. L. y Foglia G. V. ,1985. Endocrinología Molecular Ed. El Ateneo 2° edición, 471p.

Malacara J. M., García V. M., Valverde R., 1979. Fundamentos de Endocrinología Clínica. Ed. La Prensa Medica México, 389p.

Manzon G.R. y Youson H. J., 1997. The effects of exogenous thyroxine (T₄) or Triiodothyronine (T₃), in the presence and absence of potassium perchlorate, on the incidence of metamorphosis and on serum T₄ and T₃ concentrations in larval sea lampreys (*Petromyzon marinus* L.), General and Comparative Endocrinology 106, 211-220.

Mendiola G. E., 2003. Efecto del citrato de clomifeno sobre la fecundidad en *Poecilia reticulata*. Tesis(Biol.) UNAM- Iztacala.

Meffe, G.K. y Snelson, F.F., 1989. Ecology and evolution of livebearing fishes (*Poeciliidae*) Prentice-Hall. Inc. Engewood. Ciffs, New Jersey, 453p.

Miwa, S. y Inui Y., 1987. Effects of various dosis of thyroxine and triiodothyronine on the metamorphosis of flounder (*Paralichthys olivaceus*). General and Comparative Endocrinology . 67:356-363.

Montagna W., 1976. Anatomía Comparada 4° edición, Ed. Omega Barcelona, 379p.

Nakajima M. y Taniguchi N., 2002. Genetic control of growth in the guppy (*Poecilia reticulata*). Aquaculture 204:393-405.

Nikolsky, G.U., 1963. The ecology of fishes, Department of Ichthyology Biology-Soil Faculty Moscow State University. Academic Press. London and New York 329p.

Norris O. D., 1996. Vertébrate Endocrinology 3° edición, Ed. Academic Press E.U. 634p.

Piferrer F. y Lim L.C., 1997. Application of sex reversal technology in ornamental fish culture. Aquarium Sciences and Conservation,1:113-118.

Power D. M. , Llewellyn L., Faustino M., Nowell M.A., Björnsson B.T., Einarsdottir J. E., Canario A.V.M. y Sweeney G. E., 2001. Thyroid hormones in growth and development of fish; Comparative Biochemistry and Physiology Part C 130:447-459.

Reddy P.K. y Lam T. J., 1992. Effect of thyroid hormones on morphogenesis and growth of larvae an fry of telescopic-eye black goldfish *Carassius auratus*, Aquaculture 107:383-394.

Scott W. P., 1987. A fish keepers Guide to Livebearing Fishes Ed. Tetra Press London 117p.

Sevilla H. M. L. ,1981. Introducción a la Acuicultura, Ed. Continental México 110p.

Steffens, W., 1987. Principios fundamentales de la alimentación de los peces. Acribia España, 275p.

Tanaka M., Tanangonan J.B., Tagawa M., De Jesús E. G., Nishida H., Isaka M., Kimura R. y Hirano T., 1995. Develoment of the pituitary, thyroid and interrenal glands and applications of endocrinology to the improved rearing of marine fish larvae. Aquaculture 135:111-126.

Torres-Orozco B. R., 1991. Los peces de México, ed AGT editor S.A. México, 217p.

Young G., McCormick S. D., Björnsson B. T., Bern H. A., 1995. Circulating growth hormone, cortisol and thyroxine levels after 24h seawater challenge of yearling coho salmon at different developmental stages, *Aquaculture* 136:371-384.

Watanabe, T. y Kiron V., 1994. Prospects in larval fish dietetics. *Aquaculture* 124:223-251.

Weatherley A. H., 1972. *Growth and Ecology of Fish Populations*. Ed. Academic Press London 293p.

Weatherley H.A. y Gill S.H., 1987. *The Biology of Fish Growth.*, Ed. Academic Press San Diego CA. 443p.

Wheaton, F.W. , 1982. *Acuacultura Diseño y Construcción de Sistemas*, Ed. AGT editor S.A. México, 704p.

Wootton, R.J., 1990. *Ecology of teleost fishes*, Chapman&Hill London. 440p.

<http://www.la-atlantida.com/7contac/1menu.htm>

ANEXO

Tabla 1. Analisis de varianza para la variable incremento en peso entre el grupo control y el grupo experimental.

STAT GENERAL ANOVA		Summary of all effects; desing: (analisis.sta) 1-Tratamientos, 2-Tiempo				
Effect	df	MS	df	MS	F	p-level
	Error	Effect	Error	Error		
1	2	.006055	432	.002447	2.4747	.085382
2	3	1.570632	432	.002447	641.9120	0.000000

Tabla 2. análisis de varianza para la variable incremento en longitud entre el grupo control y el grupo experimental.

STAT GENERAL ANOVA		Summary of all effects; desing: (analisis.sta) 1-Tratamientos, 2-Tiempo				
Effect	df	MS	df	MS	F	p-level
	Error	Effect	Error	Error		
1	2	.69790	432	.055625	12.546	.000005
2	3	60.23267	432	.055625	1082.834	.000000

Tabla 3. Prueba de Tukey (comparación de medias).

Tukey HSD test; variable NEWVAR (analisis.sta)

Probabilities for Post Hoc Tests

MAIN EFFECT: VAR1 Tratamientos.

Dosis		{1}	{2}	{3}
promedio		2.228125	2.320000	2.191875
CONTROL.... {1}		.001443	.354211
DOSIS I {2}	.001443		.000025
DOSIS II {3}	.354211	.000025	

Tabla 4. Prueba Estadística de “t” aplicada a los valores de b en la relación peso-longitud de *Poecilia reticulata*.

Tratamientos	S	Sst	b=calculada	t-Student	t-Teorica
Control	1.29398	.204599	3.53625	2.620980	
Dosis I (10mg/kg)	1.39162	.220036	2.0105	4.496991	2.021
Dosis II(15mg/kg)	1.31517	.207949	2.4505	2.64247	