



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

Laboratorio de Ecología de Peces

**Efecto de la L-Carnitina sobre la producción
de crías del guppy *Poecilia reticulata***

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

Directora de Tesis:
Biol. Asela del Carmen Rodríguez Varela

Codirector de Tesis:
M. en C. Adolfo Cruz Gómez

Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla 2010





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.



El presente trabajo fue apoyado por la UNAM a través de la CARRERA DE BIOLOGÍA de la FES Iztacala, por el PROGRAMA DE APOYO A PROYECTOS PARA LA INNOVACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA ENSEÑANZA (PAPIME) de la DGAPA proyecto EN203804 y por el PROGRAMA DE APOYO A LOS PROFESORES DE CARRERA PARA PROMOVER GRUPOS DE INVESTIGACIÓN (PAPCA) y se realizó en el LABORATORIO DE ECOLOGÍA DE PECES a cargo de los profesores Biol. Asela del Carmen Rodríguez Varela y M. en C. Adolfo Cruz Gómez, instituciones y laboratorio a los que agradezco su apoyo.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS por todo lo que me ha brindado, pero principalmente le agradezco por la salud que le devolvió a mi nena en el momento que más lo necesitaba y por no permitir que perdiéramos la esperanza

A MIS PADRES:

YOLANDA OBREGÓN MURILLO

Mami de ti aprendí que si quieres algo hay que luchar por él aunque haya que trabajar el doble, no tengo palabras para agradecerte por todo lo que tuviste que pasar para que yo lograra mi sueño de estar en la universidad, solo te quiero decir que eres una mujer excepcionalmente trabajadora, además personas como tú no son fáciles de encontrar. Gracias por estar siempre a mi lado te quiero mucho.

JOSE GÓMEZ RIVERA

A ti papá muchas gracias por apoyarme en esta última etapa, gracias por cuidar a mi hija y por el apoyo que nos das. Gracias por arrancarnos siempre una sonrisa con tus anécdotas. Te quiero mucho.

A MIS HERMANOS

Alicia, Juan, Roberto y Jesús Gómez Obregón, muchas gracias por todos los hermosos momentos que hemos pasado juntos. Gracias por apoyarme tanto cuando más los he necesitado, quiero que sepan que siempre estaré para ustedes, no olviden que los quiero muchísimo.

A MIS SOBRINAS:

Aranza, a ti te cuidé desde que eras apenas un bebé y contigo aprendí mucho siempre estarás cerca de mi corazón, sigue adelante tú puedes, eres muy talentosa y tu Valeria para que cuando puedas leer esto sepas, que a pesar de que no te convivimos tanto siempre estas en nuestro pensamiento y que formas parte de nuestra vida las quiero mucho.

A MI ESPOSO

Omar Gutiérrez Sandoval

No tengo más que agradecerte por apoyarme en todas las decisiones que he tomado, gracias por estar a mi lado cuando Natalya y yo más te hemos necesitado. TE AMO.

A MI HIJA:

Natalya Karyme Gutiérrez Gómez

Eres parte fundamental de mi vida y has sido el motor para llegar hasta aquí ya que quiero que el día de mañana te sientas orgullosa de tu mamá, todo mi esfuerzo es para ti, porque eres una niña muy fuerte eres una guerrera, ya que pasamos por etapas super difíciles y tú gracias a Dios saliste adelante, eres el ángel que llegó para iluminar nuestras vidas. TE AMO

A MIS AMIGAS:

Gema y Dulce ya que desde la preparatoria hemos estado muy unidas a pesar de la distancia y de los años nuestra amistad se ha mantenido, las quiero mucho.

Del grupo Televisa con los cuales compartí momentos muy alegres en un ámbito laboral muy pesado pero gracias a la gran amistad lo pudimos superar, ellos son: Luisito, Enrique Nicolás, Guillermina, Adriana, Jenny, Patricia, Sony y Adrián.

A mis amiguis Salomé y Lilia las quiero mucho.

A mis entrañables amigos de la carrera con los que pasé momentos increíbles y con los que he sido muy feliz, los quiero mucho: Lilitiana, César, Arturo, Aurora, Araceli, Adriana, Israel, J. Luis y Ana (no hay forma de agradecerte por lo mucho que me has ayudado, de verdad, te estaré infinitamente agradecida, te quiero mucho anita).

A la Biól. Asela del Carmen Rodríguez Varela

Maestra solo deseo expresarle mi más profundo agradecimiento ya que usted además de ser una excelente asesora, ha sido también una amiga, la cual me ha dado consejos y se que usted ha sido parte fundamental de este logro.

A MIS SINODALES

DR. Sergio Chazado Olvera, M. en C. Adolfo Cruz Gómez, Biol. Asela del Carmen Rodríguez Varela, M. en C. Alba Márquez Espinoza y M. en C. Jonathan Franco López a los cuales les agradezco por los valiosos comentarios para poder realizar este sueño.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
OBJETIVOS	8
ANTECEDENTES	9
MATERIAL Y MÉTODOS	13
RESULTADOS	21
DISCUSIÓN	59
CONCLUSIONES	68
REFERENCIAS	70
APÉNDICES	74

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar el efecto de la L-Carnitina sobre la producción de crías de guppy *Poecilia reticulata* y definir su mejor concentración. Se utilizaron peces de tres meses de edad, que fueron colocados en cinco peceras de 26x51x30 cm cada una con 15 peces en proporción sexual de dos hembras por un macho previamente acondicionadas y equipadas con filtro de caja y aireación constante. La L-Carnitina se administró a través del alimento seco en dosis experimentales de 0, 60, 120, 180 y 240 mg en 30 g de alimento comercial, considerando al primero como grupo control. La ración diaria fue del 4% de su biomasa. Al estar preñadas las hembras, fueron trasladadas a peceras de maternidad como las anteriormente descritas. Semanalmente se registraron la temperatura, pH y oxígeno disuelto, además se realizó la limpieza de las peceras con un sifón y la de los filtros de caja. El tiempo de experimentación fue de 313 días. Los resultados demostraron que la mayor producción de crías se presentó en el grupo control y en el tratamiento de 120 mg de L-Carnitina con un promedio de 32 y 31 organismos respectivamente, no se presentaron diferencias significativas entre ellos, el valor más bajo se presentó en el tratamiento de 180 mg con 11 crías. Las hembras tanto del grupo control como las de los tratamientos, presentaron un crecimiento de tipo alométrico, las sometidas a tratamiento de 60 mg presentaron la mayor tasa de incremento tanto en longitud como en peso y la menor mortalidad (47%), aunque todos los tratamientos presentaron mayor incremento en peso y longitud que el grupo control y las de 120 mg fueron las que se encontraron en mejores condiciones según el factor de condición. Se concluye que las dosis utilizadas de L-Carnitina no tuvieron un efecto positivo sobre la producción de crías, pero sí en el incremento en longitud y peso de las hembras, por lo cual se recomienda seguir estudiando sobre esta línea de investigación con éste y otros complementos, como la lecitina de soya, que son más baratos y con efectos más documentados.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del guppy se ha incrementado en años recientes, pues al igual que muchos peces de ornato, ha tenido gran demanda por su bajo costo y fácil mantenimiento. Como muchos animales en cultivo, los peces están fuertemente influenciados por la temperatura, afectando su reproducción, tasa de crecimiento y la sobrevivencia, así que una temperatura óptima es crucial para la crianza de este pez tropical (Dzikowski *et al.*, 2001). La preferencia de temperatura entre machos y hembras fue encontrada por Johansen & Cross en 1980, registrando que los machos prefieren una temperatura de 24.5 °C, mientras que las hembras y los juveniles prefieren una temperatura de 28.2 °C (Dzikowski *et al.*, 2001).

Para el proceso de la reproducción, la temperatura es la principal indicación para el desarrollo ovárico y el inicio del desove (Egami, 1957 en Dzikowski *et al.*, 2001), así como para el desarrollo embrionario (Lagler *et al.*, 1962; Roberts, 1989 en Dzikowski *et al.*, 2001). Este proceso es afectado además por varios factores ambientales, como el fotoperiodo, nutrición, densidad, pH y contenido químico del agua (Turner, 1937; Scrimshaw, 1944; Siliman, 1948; Lagler *et al.*, 1962; Hester, 1964; Warren, 1973 en Dzikowski *et al.*, 2001).

Sin embargo, para que los peces se desarrollen convenientemente requieren de una buena alimentación, con un alto contenido de proteínas de la dieta (35-60%), aunque varían con la edad, el estado fisiológico (crecimiento o reproducción), la ración alimenticia y las condiciones ambientales, de un 20-30% de lípidos en la dieta que los utilizan como fuente de energía, almacenados como depósito de grasas o incorporados en fosfolípidos y componentes esteroideos de órganos vitales y vitaminas, que son sustancias orgánicas que el organismo necesita en cantidades muy pequeñas (mg/kg dieta seca), y que realizan funciones específicas como coenzimas y factores implicados en las reacciones de las rutas metabólicas. Los principales efectos producidos por la falta de vitaminas (avitaminosis) en los

peces son el escaso crecimiento y la falta de apetito, en general acompañados según los casos de parálisis, convulsiones, anemias, hemorragias y trastornos diversos del aparato digestivo. También se producen alteraciones si hay exceso de vitaminas (hipervitaminosis) sobre todo de las vitaminas A y D (Coll, 1991).

Los requerimientos de vitaminas de los peces varía con el tamaño, edad, índice de crecimiento, temperatura, estrés e interrelación entre los diversos nutrientes. Las cantidades requeridas de vitamina suelen darse en función de la dieta y oscilan de unas vitaminas a otras. Es conveniente añadir un pequeño exceso de vitaminas a la ración, por encima de las cantidades mínimas requeridas, pues siempre hay pérdidas en la actividad biológica de las vitaminas, debido a la oxidación, calor, humedad, contaminación por metales, metabolitos, etc. Las vitaminas necesitan conservar inalterada su estructura para actuar biológicamente. También se pueden dar pérdidas cuando la comida se distribuye en los estanques, solubilizándose las vitaminas hidrosolubles y perdiéndose en parte en el agua (Coll, 1991).

Además de estos elementos básicos, se requiere de minerales, ya que tienen un papel estructural formando parte del esqueleto, cartílagos, etc. Además intervienen en la regulación del metabolismo como activadores enzimáticos, en la actividad neuromuscular, en el balance ácido básico y formando parte de enzimas, hormonas y vitaminas. Los minerales no sólo se toman en los alimentos vivos sino que también se absorben del medio a través del intercambio de los mismos con el agua por las branquias. Según las necesidades del organismo, los minerales pueden dividirse en macrominerales y microminerales. Los macrominerales se requieren en cantidades que oscilan entre 0.10% y el 2% del peso seco en la dieta, entre los cuales se encuentran: el Cl, Na, Ca, P, Mg, K y S, que forman parte de estructuras corporales o actúan en la regulación del metabolismo. Los microminerales se necesitan en cantidades mínimas, en trazas, hasta 0.0008% y se utilizan como activadores de enzimas; principalmente, son el Fe, I, Co, Cu, F, Mn, Mo, Se, Zn, etc. (Coll, 1991).

Además de vitaminas, proteínas, lípidos y minerales, algunos organismos precisan en la dieta de otras varias sustancias conocidas como factores de crecimiento, entre las que se encuentra la carnitina (Lehninger, 1995).

La carnitina se ha comprobado que es un factor esencial de crecimiento para el escarabajo de la harina *Tenebrio molitor*, pero no para los mamíferos que la pueden sintetizar, ya que es especialmente abundante en el tejido muscular. Es un componente necesario para que los ácidos grasos atraviesen la membrana mitocondrial, en la etapa preparatoria de su oxidación enzimática, interviene en los procesos de transacetilación y transporte de radicales acilo a ambos lados de las membranas mitocondriales (Lehninger, 1995).

La L-Carnitina está de moda, los deportistas la consumen para aumentar su rendimiento ya que diversas investigaciones (Leibivitz, 1993, Sinatra, 1999) han confirmado los beneficios que el consumo de suplementos con L-Carnitina da a las personas que gustan de hacer ejercicio por periodos prolongados ya que con su consumo pueden presentar mayor resistencia ante el agotamiento y una disminución considerable en el dolor de cuerpo que se presenta después de un periodo de ejercicios, los ejecutivos para aprovechar bien sus energías y las mujeres para perder peso (Alpízar, 2004, <http://www.sentirsebien.com.ar/carnitina1.htm>, http://www.pronat.com.mx/Temas/que_es_l-carnitina_61.htm). Evita la pérdida de tejido muscular y estimula la secreción de hormona de crecimiento, ahorrando glucosa y glucógeno muscular, por lo que ayuda contra la fatiga (<http://www.alfabeta.net/consultas/consultas-suplementos.xtp>) todo esto es debido a que actúa como un transporte para los ácidos grasos de cadena larga y los introduce dentro de la mitocondria (esta es una estructura celular encargada de la producción de energía que el cuerpo requiere para sus funciones). Ya en su interior, las cadenas de grasa participan en el proceso metabólico llamado β -oxidación donde las cadenas de grasa son rotas y transformadas en grupos que reciben el nombre de Acetil CoA, de esta forma entran al proceso denominado

Ciclo de Krebs de donde el resultado obtenido es ATP (Adenosin trifosfato) que en otras palabras significa energía para nuestro cuerpo, el proceso de transformar las moléculas de grasa en energía recibe el nombre de oxidación de los ácidos grasos (Alpízar, 2004).

La L-Carnitina juega otros papeles muy importantes, como es la disminución de ácido láctico el cual es producido y acumulado por el cuerpo durante el ejercicio y según se cree, provoca cansancio y por lo tanto menor rendimiento en los deportistas. Otra de las funciones es que ayuda a eliminar toxinas, como el amonio que es un subproducto de la degradación de las proteínas y es producida durante el ejercicio. El amonio, con ayuda de la carnitina, es transformada en urea para así poder ser eliminados a través de la orina. Otro importante beneficio que se obtiene es en la nutrición de las mujeres embarazadas a las cuales apoya en esta etapa de fuertes requerimientos en la que normalmente sus niveles de esta sustancia son bajos. La L-Carnitina puede considerarse como nutriente esencial para los recién nacidos ya que la biosíntesis de esta en sus organismos no se ha desarrollado completamente, por lo que una leche enriquecida con L-Carnitina ayudaría a que no tenga acumulación de ácidos grasos. La L-Carnitina también puede ser benéfica en la reducción de peso, ya que limita la acumulación de grasa en tejido y sangre, particularmente cuando la cantidad de lípidos es elevada como es el caso de las personas con sobrepeso que requieren un mayor aporte de esta sustancia; se ha observado que una dosis de 2 g/día incrementa la utilización de grasa en músculo. Utilizada en personas obesas junto con una dieta reducida en calorías y ejercicios moderados, la L-Carnitina lleva a una mayor pérdida de peso y a la reducción en los niveles de azúcar en la sangre y en la presión arterial. Esta reducción en los azúcares no implica riesgo alguno en los diabéticos, por el contrario, los ayuda a mantener niveles adecuados de glucosa sin interferir en los tratamientos alopáticos que se recomiendan para el control de esta enfermedad (Alpízar, 2004).

También puede brindar ayuda en los procesos inmunológicos ya que estos se caracterizan por un alto ritmo de división de células y síntesis para lo cual se

requiere de mucha energía. Los leucocitos (glóbulos blancos) son ricos en L-Carnitina y esto es una primera indicación del significado de esta en los procesos inmunológicos. Las personas con problemas inmunológicos muestran niveles reducidos de L-Carnitina en el plasma, recuentos inferiores en linfocitos y reducciones en los niveles de L-Carnitina en leucocitos. Un suplemento con L-Carnitina produce una mejora general del sistema inmunológico promoviendo la proliferación de linfocitos y monocitos (esto es conveniente ya que ambos son dos tipos de glóbulos blancos. El primero entre otras funciones es el encargado de la producción de anticuerpos; el segundo participa en la fagocitosis que es el proceso en donde los glóbulos blancos reconocen a agentes extraños en el organismo y proceden a su eliminación). La fertilidad masculina también se ve beneficiada por la L-Carnitina ya que en el esperma se encuentran grandes concentraciones de este compuesto y su metabolito Acetil L-Carnitina y ambos juegan un papel decisivo en el metabolismo energético del esperma. La concentración de la L-Carnitina en el semen está íntimamente relacionada con la calidad del esperma (Alpízar, 2004).

En diversos estudios se ha demostrado que aquellas personas que presentan enfermedades cardiovasculares agregando a su dieta suplementos con L-Carnitina aumenta su fuerza y resistencia mejorando así su calidad de vida y favoreciendo la disminución de las molestias causadas por su enfermedad (Leibnitz, 1993).

En otras enfermedades en las cuales puede beneficiar la L-Carnitina es en cirrosis, diabetes, padecimientos de hígado y riñón. La participación de la L-Carnitina es variada; es decir, en el riñón ayuda a que la diálisis sea satisfactoria. Como durante la diálisis se pierde L-Carnitina, es recomendable tomar un suplemento de esta para que su deficiencia no lleve a padecer otros trastornos como debilidad, calambres, etc. En enfermedades como la cirrosis y la diabetes, el beneficio que se obtiene de la L-Carnitina es que no permite la acumulación de grasas. Para este tipo de enfermedades se han probado dosis que van de 1 a 2 g por día presentando resultados satisfactorios. La L-Carnitina puede ser tomada

por todas las personas sin importar la edad que tengan ya que hasta el momento no se ha encontrado toxicidad alguna, incluso a grandes dosis. El único efecto adverso que se ha encontrado en dosis de 15 gramos o más por día, es la aparición de diarrea, que desaparece cuando se suspende la ingesta de este nutriente (Alpizar, 2004).

Por lo anterior en la presente investigación, se propuso el uso de la L-Carnitina, como un aditivo en la dieta comercial del guppy, bajo la hipótesis de que tiene un papel como agente transportador de los ácidos grasos a través de la membrana mitocondrial, lugar donde se lleva a cabo la beta-oxidación de los ácidos grasos, los cuales representan la mayor fuente de energía en el periodo reproductivo y por tanto se han planteado los siguientes objetivos.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de la L-Carnitina sobre la producción de crías de guppy *Poecilia reticulata*.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Realizar un registro de la cantidad de crías obtenidas por cada concentración de L-Carnitina empleada.
- Determinar el peso y longitud promedio de las crías al nacer por concentración aplicada de L-Carnitina.
- Determinar el incremento en longitud (cm) y peso (g) de las hembras durante el tiempo en que fueron sometidas a las diferentes concentraciones de L-Carnitina.
- Determinar el tipo de crecimiento que presentaron las hembras durante el tiempo en que fueron sometidas a las diferentes concentraciones de L-Carnitina, por medio de la relación peso-longitud.
- Determinar el estado de bienestar fisiológico por medio del Factor de condición simple o de Fulton por concentración de L-Carnitina empleada.

ANTECEDENTES

Varios autores han evaluado los efectos benéficos de la L-Carnitina en animales, por ejemplo Sarica *et al.* (2007) en codornices, Rezaei *et al.* (2007) en pollos y Corduk y Sarica (2008) en gallinas. Investigaciones realizadas con peces son:

Santulli & D'Amelio (1985), observaron que la L-Carnitina actúa biológicamente en el transporte de los grupos acilo a la matriz mitocondrial, estimulando el crecimiento de *Dicentrarchus labrax*, además de aumentar el contenido de proteínas y disminuir la acumulación de grasa en los tejidos.

Santulli & D'Amelio (1986), probaron que la L-Carnitina promueve el crecimiento en el róbalo *Dicentrarchus labrax* además de estimular el metabolismo de los lípidos, mientras que la D-Carnitina es el antagonista de la L-Carnitina, ya que tiene un efecto opuesto sobre el crecimiento y el metabolismo de los lípidos.

Chatzifotis & Takeuchi (1997), evaluaron el efecto de la L-Carnitina en *Pagrus major* en la pérdida de peso, el contenido de lípidos y el contenido de la L-Carnitina en el músculo dorsal. Se utilizaron dos concentraciones de 0.09 g y 4 g durante un lapso de 30 días. Durante el período de alimentación, los peces del tratamiento de 4 g mostraron mayor acumulación de L-Carnitina en su músculo dorsal. La alta concentración de L-Carnitina no mostró un claro efecto en la pérdida de peso del pez.

Schreiber *et al.* (1997), estudiaron la protección de la L-Carnitina en los tejidos de guppy *Poecilia reticulata* como agallas y piel contra marcadores fluorescentes como naranja de acridina y fluorescina concluyendo que la penetración de fluorescina vía agallas fue significativamente más bajo en los peces con dieta con L-Carnitina comparado con los peces control.

Keshavanath & Renuka (1998), evaluaron el efecto de la dieta con L-Carnitina sobre el crecimiento de rohu *Labeo rohita* (Hamilton) utilizando concentraciones de 0, 0.25, 0.5, 0.75 y 1.0 g/kg que dieron por resultado un efecto positivo de la carnitina sobre el crecimiento y la composición corporal de rohu.

Kheyali & Tahari (1998), revisaron el efecto de dos dietas, una a base de harina de maíz y harina de soya y otra con carnitina a concentraciones de 0, 250 y 1000 mg por kg de dieta, en trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss* obteniendo que en la dieta a base de L-Carnitina los organismos crecieron un 83 % más que el grupo control.

Schuhmacher & Gropp (1998), trabajaron con carnitina en dosis de 0 y 450 mg/kg, y con lisina en dosis de 4.7 y 5.3 g para evaluar el crecimiento de la trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss* concluyendo que con la administración de la carnitina crecieron los organismos.

Becker *et al.* (1999), suministraron dosis de 300 mg, 150 mg y 0 mg de L-Carnitina a híbridos de tilapia *Oreochromis niloticus* y *Oreochromis aureus* para observar el incremento en crecimiento, conversión alimenticia y porcentaje de eficiencia de proteína. El tratamiento de 150 mg presentó la mayor tasa de crecimiento que el tratamiento de 300 mg, el promedio de la conversión alimenticia fue bajo en la dieta control, comparado con la dieta de 150 mg de L-Carnitina.

Twibell (2000), administró carnitina en concentraciones de 2.1, 41.0, 212.0 y 369.7 mg/kg dieta para analizar la velocidad de crecimiento, utilizando la hembra de róbalo rayado *Morone chrysops* y el macho *Morone saxatilis* el alimento consumido y la ganancia en peso de los peces del tratamiento de 369.7 mg, incrementaron significativamente comparado con la dieta de 2.1 mg, no hubo diferencias significativas en la eficiencia alimenticia, en el total de lípidos en el hígado y en la supervivencia de los peces entre los tratamientos, concluyendo que

la velocidad de crecimiento puede ser mejorada con las concentraciones bajas de carnitina.

Dias *et al.* (2001), investigaron los posibles efectos de la administración de carnitina sobre el crecimiento, contenido de lípidos en el tejido y la actividad de la acetil coenzima-A carboxilasa en el hígado del róbalo *Dicentrarchus labrax*. Así mismo utilizaron las siguientes dosis de carnitina 0.3, 1.1, 2.0 y 3.0 g, obteniendo que la administración de la L-Carnitina no resultó adecuada para reducir el depósito de grasa en los tejidos del róbalo *D. labrax*.

Dzikowski *et al.* (2001), evaluaron el efecto de la temperatura y la administración de L-Carnitina sobre el desarrollo reproductivo de hembras de guppy *Poecilia reticulata* y concluyeron que la temperatura óptima para la reproducción fue de 26 °C, y la mejor dosis de L-Carnitina fue de 1100 mg/kg aunque esta no tuvo un efecto significativo en la eficiencia reproductiva, es decir, en el número de crías.

Monroy (2003), evaluó el efecto de la L-Carnitina como promotor de crecimiento en crías de guppy, utilizando dosis de 70, 35, 17 y 0 mg, concluyendo que la concentración de 70 mg es la mejor dosis como promotor en el crecimiento de estos organismos.

Harpaz (2005), realizó un repaso de las funciones atribuidas a la L-Carnitina en el cultivo y la nutrición de peces ya que ha sido recomendado para propósitos multifuncionales: como promotor de crecimiento, protección contra niveles tóxicos de xenobióticos, para aliviar el estrés relacionado con la temperatura del agua y mejorar la aclimatación a estos cambios, encontrando que hay resultados contradictorios entre diferentes especies de peces.

Ming *et al.* (2005), estudiaron el efecto del enriquecimiento con L-Carnitina en el rotífero marino *Brachionus rotundiformis* sobre el incremento en la población, la

talla corporal y el radio de los huevos encontrando que la L-Carnitina puede ser un factor positivo para aumentar la reproducción y el tamaño de la población.

Durán (2006), estudió de manera conjunta el efecto de una dieta de L-Carnitina y lecitina de soya como complementos alimenticios en la reproducción de *Poecilia reticulata*. Utilizó seis sistemas acuáticos en los que se colocaron grupos de 10 hembras de un peso promedio de 0.696 g y una longitud promedio de 3.32 cm. Durante un periodo de 49 días fueron alimentados durante el transcurso de la primera fase con cinco diferentes dietas, tres dietas que contenían 350 g de lecitina de soya por kilo de alimento más concentraciones de 0.5, 1 y 2 g de L-Carnitina respectivamente, así como dos dietas de 1 g de L-Carnitina con concentraciones de 200 y 600 g de lecitina de soya por kilo de alimento respectivamente y un grupo control, concluyendo que la concentración que mejor favoreció la producción de crías fue la de 350 g de lecitina de soya más 2 g de L-Carnitina por kilo de alimento, ya que ésta registró una alta tasa de producción de elementos de la gónada y un registro de nacimientos en un periodo menor al de los demás tratamientos (de 28 a 30 días aproximadamente, respecto a los otros tratamientos que fue de 49 días en promedio).

Ming *et al.* (2006), estudiaron la presencia de L-Carnitina libre y esterificada en alimento vivo usado para larvicultura usando dos especies de rotíferos marinos *Brachionus rotundiformis* y *Brachionus plicatilis* y un cladócono *Moina macrocopa* observando que el cambio de temperatura no afectó el contenido de L-Carnitina en las dos especies de rotíferos, mientras el ayuno y la temperatura del cultivo influenció el contenido de L-Carnitina en *B. rotundiformis*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la presente investigación se instalaron cinco peceras de cristal con dimensiones de 26x30x50 cm conteniendo 32 litros de agua corriente, equipadas con filtro de caja y carbón activado, calentador de 5 wats para mantener la temperatura a 26 °C, aireación constante por medio de una bomba. Una vez instalados los sistemas, a cada uno de ellos se les agregaron 30 gotas de pentabiocare® con la finalidad de precipitar los elementos del agua dañinos para los peces como el cloro y los metales pesados, además de proteger a los peces del estrés y formar una cubierta protectora sobre su piel.

Previo al establecimiento de los grupos experimentales, 85 peces de tres meses de edad vírgenes, fueron transportados al Laboratorio de Ecología de Peces de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. Se colocaron en dos peceras, separando machos y hembras, para de esta manera aclimatarlos durante una semana, mismos que se alimentaron con hojuelas para peces de la marca comercial Wardley®. Al término de la semana, los grupos experimentales se formaron de acuerdo al tamaño de la pecera empleado (capacidad de carga de las peceras) tomando en consideración que se necesita un litro de agua por cada centímetro de pez para asegurar un buen estado, por lo anterior, los organismos se pesaron utilizando una balanza electrónica de la marca Acculab con una capacidad de 10 g y una precisión de 0.002 g, se midieron con un vernier marca Scala®) y sexaron, de esta manera los grupos experimentales consistieron de 15 organismos por pecera, 10 hembras y 5 machos, es decir, en proporción 2:1.

La carnitina se administró a través del alimento seco en dosis experimentales de 0, 60, 120, 180 y 240 mg de carnitina en 30 g de alimento seco, considerando al primero como grupo control. La técnica de incorporación del fármaco consistió en:

1.- El alimento comercial (hojuelas) se pesó por medio de una balanza electrónica digital modelo OHAUS marca SCOUT® con capacidad máxima de 200 g y una precisión de ± 0.01 g.

2.- Se pulverizó por medio de un tamiz con una abertura de malla de 1000 micras y se colocó en un recipiente de plástico limpio y seco.

3.- Se pesó el fármaco por medio de una balanza marca Acculab con una capacidad de 10 g y una precisión de 0.002 g de acuerdo a la cantidad requerida y según su presentación (pastillas) fue molido usando mortero con pistilo limpio y seco.

4.- Se disolvió el fármaco en 10 ml de alcohol absoluto para después incorporarlo perfectamente al alimento, cuidando que no quedara nada en el recipiente.

5.- Se mezcló perfectamente por medio de una espátula, procurando que todo fuera homogenizado.

6.- Se secó a la intemperie (sin calor directo y polvo) por lo menos 48 horas para que todo el alcohol se evaporara, moviendo cuidadosamente.

7.- Se guardó en frascos de plástico, evitando su exposición al sol y polvo.

Durante el período de investigación que fue de 313 días, se alimentó a los peces una vez al día, con una ración del 4% de su biomasa total. A las peceras se les verificó que tuvieran la temperatura óptima con un termómetro de cubeta, y se revisaron las instalaciones eléctricas para verificar que todo se encontraba funcionando bien.

Semanalmente además de evaluar parámetros fisicoquímicos tales como oxígeno disuelto (ml/L) utilizando un oxímetro digital de la marca Oakton®, modelo No.

WD-35640-60, pH con un potenciómetro digital de la marca ORION modelo 290 y temperatura con un termómetro de cubeta, se sifoneó cada una de las peceras, para eliminar las excretas y el resto del alimento que no fue consumido para evitar a la vez la proliferación de bacterias que dañarían la salud de los organismos. Se pesaron utilizando una balanza electrónica de la marca Acculab con una capacidad de 10 g y una precisión de 0.002 g y midieron con un vernier marca Scala® a cada pez de cada grupo experimental.

Cuando las hembras parieron, se realizó un registro de la cantidad de crías nacidas/hembra las cuales, cada nacida fue medida y pesada con los instrumentos antes descritos. Las crías posteriormente fueron donadas para otros fines.

Procesamiento de Datos:

Para determinar si existieron diferencias significativas entre el número de crías nacidas y su peso y longitud registradas, en los diferentes tratamientos de L-Carnitina a una confiabilidad del 95%, se realizó un análisis de varianza de un factor según lo propuesto por (Zar, 1996, Daniel 2004):

Hipótesis planteadas

Ho= El promedio del número de nacidos (número de crías), sus pesos y longitudes entre los peces sometidos a diferentes concentraciones de L-Carnitina son iguales.

Ha= El promedio del número de nacidos (número de crías), sus pesos y longitudes entre los peces sometidos a diferentes concentraciones de L-Carnitina por lo menos en una concentración es diferente, es decir hay diferencias significativas entre los promedios del número de nacidos (número de crías) a una confiabilidad del 95%.

Varianza entre o varianza de tratamientos

$$S^2_{entre} = \frac{\sum_{i=1}^a n_i [\bar{Y}_i - \bar{Y}]^2}{a - 1}$$

Varianza dentro o varianza del error

$$S^2_{dentro} = \frac{\sum_{i=1}^a (n_i - 1) S_i^2}{n - a}$$

Prueba de Fisher "F"

$$F_{experimental} = \frac{S^2_{entre}}{S^2_{dentro}}$$

Donde:

a = Número de tratamientos o niveles del factor

Y_i = Media por tratamiento o nivel del factor

Y = Media general

S_i^2 = Varianza por tratamiento o nivel de factor

n_i = Número de observaciones por tratamiento o nivel de factor

n = Número total de repeticiones u observaciones

Toma de decisión y conclusión:

El valor crítico es donde α a 0.05 es el nivel de significancia, n es el número de observaciones y a son los tratamientos o niveles del factor ($n-a$ grados de libertad).

Se acepta H_0 si $F_{experimental}$ es menor que F_{tablas} es decir $F_{experimental} \leq F_{n-a}^\alpha$ ($p > 0.05$)

Se rechaza H_0 si $F_{experimental}$ es mayor que F_{tablas} es decir $F_{experimental} > F_{n-a}^\alpha$ y por lo tanto se acepta H_a ($p \leq 0.05$)

Cuando se rechazó la hipótesis nula (H_0) y se aceptó la hipótesis alterna (H_a), se realizó la prueba de comparación múltiple de medias tipo Fisher o Prueba LSD para determinar qué concentración fue estadísticamente diferente o igual.

Cuando las repeticiones fueron iguales entre todas las concentraciones se utilizó:

$$LSD = t_{n-a}^{\alpha/2} \sqrt{\frac{2(C.M.error)}{n_i}}$$

Cuando las repeticiones fueron diferentes entre todas las concentraciones:

$$LSD = t_{n-a}^{\alpha/2} \sqrt{C.M.error \left[\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_i} \right]}$$

Donde:

$t_{n-a}^{\alpha/2}$ = Grados de libertad dentro. Valor crítico de la tabla t student, con nivel de significancia de $\alpha/2$ y grados de libertad n-a, donde $\alpha = 0.05$

C.M. error = Cuadrado medio del error de la tabla ANOVA (C.M. dentro de grupos)

n_i y n_i son el número de repeticiones de los tratamientos que se están comparando.

Para determinar la velocidad de incremento en longitud (mm) durante el tiempo en que fueron sometidas las hembras a diferentes concentraciones de L-Carnitina, se aplicó el modelo de crecimiento exponencial individual según lo propuesto por Ricker (1975):

$$l = l_0 e^{rt}$$

Donde:

l = Longitud del pez al tiempo t

l_0 = Longitud del pez al tiempo 0

e = Base de los logaritmos naturales

r = Velocidad de incremento en longitud

t = Tiempo

Para determinar la velocidad de incremento en peso (g) durante el tiempo en que fueron sometidas las hembras a las diferentes concentraciones de L-Carnitina, se aplicó el modelo de crecimiento exponencial individual según lo propuesto por Ricker (1975):

$$W = W_0 e^{rt}$$

Donde:

W = Peso del pez al tiempo t

w_0 = Peso del pez al tiempo 0

e = Base de los logaritmos naturales

r = Velocidad de incremento en peso

t = Tiempo

Para determinar el tipo de crecimiento que presentaron las hembras durante el tiempo en que fueron sometidos a las diferentes concentraciones de L-Carnitina, se aplicó la relación peso-longitud de acuerdo a lo propuesto por Ricker (1975):

$$w = a l^b$$

Donde:

w = Peso del pez

a = Factor de condición

l = Longitud del pez

b = Tipo de crecimiento

Si $b = 3$ el crecimiento es de tipo isométrico

Si $b \neq 3$ el crecimiento es de tipo alométrico

Con el fin de determinar si el tipo de crecimiento (pendiente) fue estadísticamente significativo, se aplicó la prueba de t-Student para comparar las pendientes de acuerdo a lo propuesto por (Zar, 1996, Daniel, 2004):

Ho = El valor de la pendiente obtenido por la relación peso-longitud, estadísticamente define un crecimiento tipo isométrico $\beta_1 = 3$

H_a = El valor de la pendiente obtenido por relación peso-longitud, estadísticamente define diferencias a $\beta_1 \neq 3$, por lo tanto es un crecimiento tipo alométrico.

$$t_{\text{experimental}} = \frac{b_1 - \beta_1}{S_{\beta_1}}$$

Donde:

b_1 = Valor de la pendiente obtenido de la relación peso- longitud

β_1 = Valor que define el crecimiento isométrico (3)

S_{β_1} = Error estándar de la pendiente

Para obtener el error estándar de la pendiente:

$$S_{\beta_1} = \sqrt{\frac{\frac{\sum \ell_i^2}{n-2}}{\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n}}}$$

$$\sum \ell_i^2 = \sum [Y_i - \hat{Y}_i]^2$$

Toma de decisión y conclusión

El valor crítico es $t_{n-2}^{\alpha/2}$ donde α es 0.05 el nivel de significancia (0.05/2=0.025) y n= pareja de datos de la regresión (n-2 grados de libertad)

Se acepta H_0 si $t_{\text{experimental}}$ es menor que t_{tablas} es decir $t_{\text{experimental}} \leq t_{n-2}^{\alpha/2}$ ($p > 0.05$)

Se rechaza H_0 si $t_{\text{experimental}}$ es mayor que t_{tablas} es decir $t_{\text{experimental}} > t_{n-2}^{\alpha/2}$ y por lo tanto se acepta H_a ($p \leq 0.05$)

Para determinar el factor de condición simple o de Fulton se aplicó según lo propuesto por Rodríguez (1992) la siguiente expresión:

$$K = \frac{w}{l^b}$$

Donde:

K = Factor de condición de Fulton

w = Peso de la hembra en gramos

l = Longitud de la hembra en centímetros

b = Tipo de crecimiento (valor de la pendiente obtenido del análisis de regresión de la relación peso- longitud)

Se realizaron al término del experimento dos réplicas para confirmar resultados.

RESULTADOS

Cada grupo experimental, registró tres nacimientos, al analizar los resultados de cada uno de ellos, se observó que fueron muy diferentes, tanto entre tratamientos y dentro de cada tratamiento, razones que son especificadas en la discusión; por lo que se presenta en esta sección: comportamiento promedio de los tres nacimientos y después el primer, segundo y tercer nacimiento en individual.

❖ PROMEDIO DE LOS TRES NACIMIENTOS

PRODUCCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS CRÍAS

El tratamiento en el que se presentó la mayor cantidad de crías promedio fue el grupo control y el de 120 mg de carnitina con 31, le siguió el de 60 mg con 22, el de 240 mg de carnitina con 20 y el de menor número de crías se presentó en 180 mg con 11 (Fig. 1). No existieron diferencias significativas entre el número de crías nacidas para cada tratamiento ($0.067 > 0.05$).

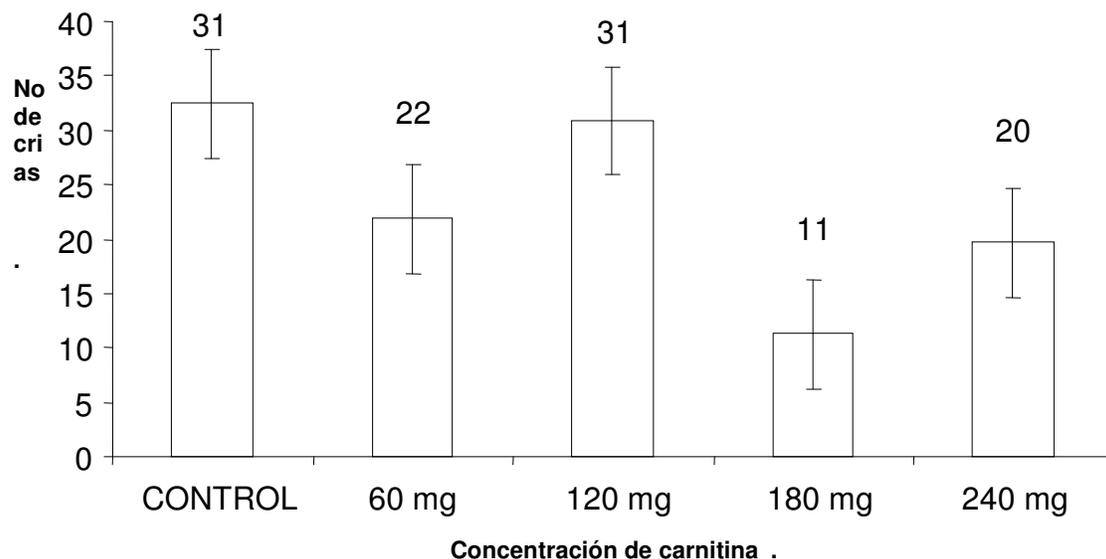


Fig. 1. Número de crías promedio por hembra para cada tratamiento de carnitina durante 313 días de experimentación .

La concentración en la que se presentaron las crías con mayor peso promedio fue en la de 240 mg con (0.009), le siguió el grupo control con (0.008) y el peso promedio más bajo se presentó en los tratamientos de 60, 120 y 180 mg con (0.007) (Fig. 2). Existieron diferencias significativas entre los pesos promedio de las crías de cada tratamiento ($0.002 < 0.05$). Al realizar la prueba LSD, se determinó al 95% de confiabilidad, que el peso promedio de las crías obtenido en la concentración de 240 mg es estadísticamente diferente con las concentraciones de 60, 120 y 180 mg, pero no es diferente al peso promedio sin carnitina.

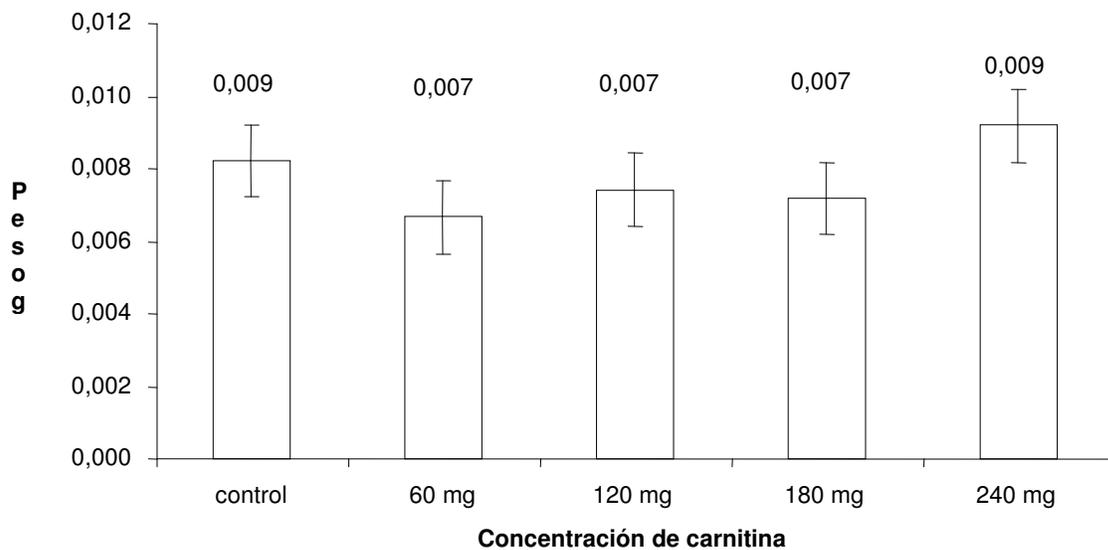


Fig. 2. Peso promedio de las crías para cada tratamiento de carnitina durante 313 días de experimentación .

La concentración en la que se presentaron las crías con mayor longitud promedio fue la concentración de 240 mg de carnitina con 0.69 cm, le siguió la concentración de 120 mg con (0.67) y las de menor tamaño se presentaron en la concentración de 60, 120 y 180 mg con 0.65 cm de longitud promedio por cría (Fig. 3). No existieron diferencias significativas entre la longitud promedio de las crías de cada tratamiento ($0.36 > 0.05$).

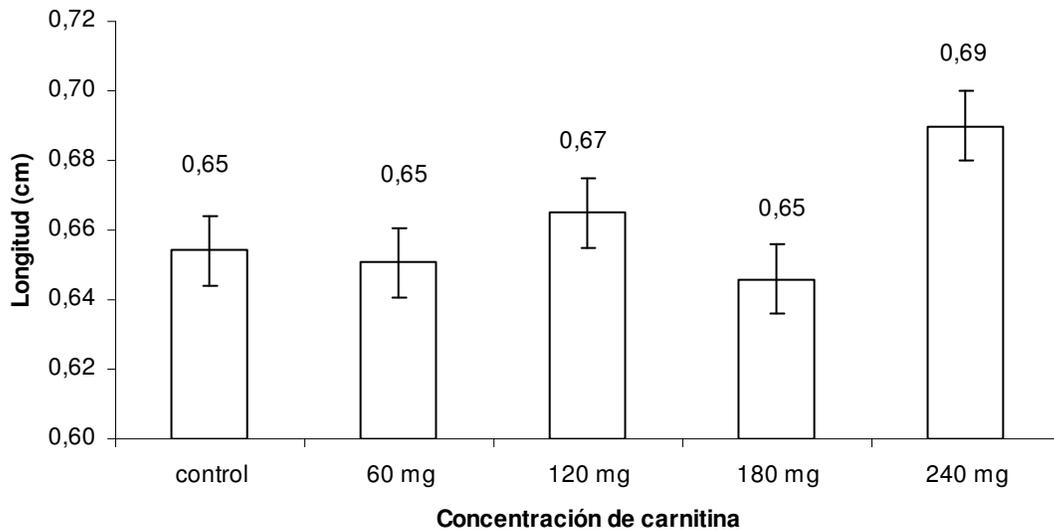


Fig. 3. Longitud promedio de las crías para cada tratamiento de carnitina durante 313 días de experimentación

CARACTERÍSTICAS DE LAS HEMBRAS REPRODUCTORAS

De manera general, se determinó que el incremento en longitud de las hembras del tratamiento administrando 60 mg de carnitina, fue la que presentó la mayor tasa (0.0023), siguiéndole el tratamiento de 120 mg (0.0013), el de 180 mg (0.0011) y por último, con el mismo valor para la tasa, el grupo de 240 mg y el grupo control con (0.0008) (Tabla 1).

Tabla 1. Tasa de crecimiento en longitud y coeficiente de correlación para cada uno de los tratamientos con carnitina durante 313 días de experimentación.

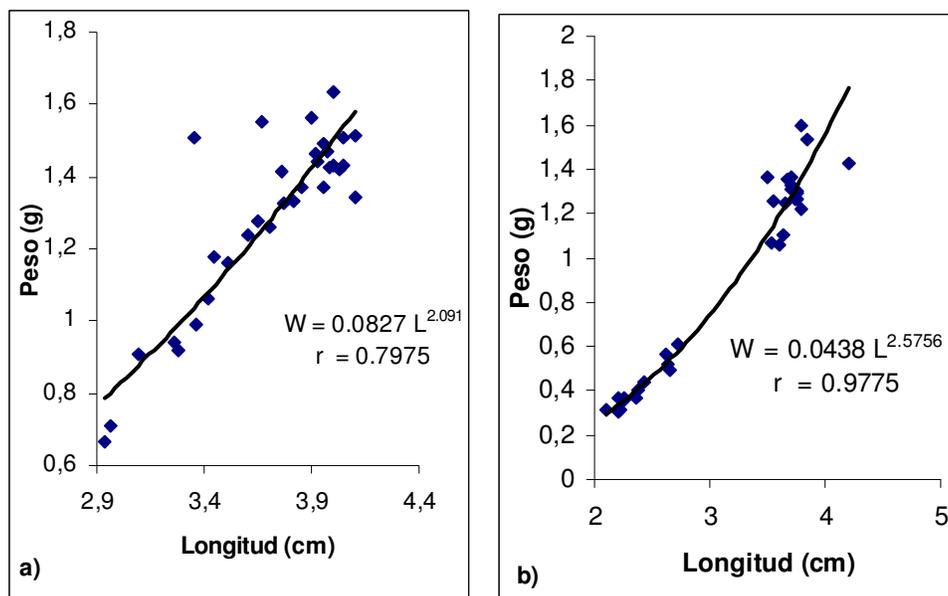
Concentración de carnitina en 30 g de alimento	Tasa de crecimiento	Coefficiente de correlación
Grupo control	0.0008	0.6146
60 mg	0.0023	0.8968
120 mg	0.0013	0.6537
180 mg	0.0011	0.6166
240 mg	0.0008	0.4936

Comparando los tratamientos se determinó que la mayor tasa de incremento en peso la presentaron los peces que consumieron alimento con 60 mg de carnitina (0.0059), seguido de la concentración de 180 mg (0.0029), la de 120 mg (0.0025), el grupo control (0.0020) y la menor tasa fue presentado en el tratamiento de 240 mg (0.0019) (Tabla 2).

Tabla 2. Tasa de crecimiento en peso y coeficiente de correlación para cada uno de los tratamientos con carnitina durante 313 días de experimentación.

Concentración de carnitina en 30 g de alimento	Tasa de crecimiento	Coefficiente de correlación
Grupo control	0.0020	0.7466
60 mg	0.0059	0.8928
120 mg	0.0025	0.2542
180 mg	0.0029	0.7384
240 mg	0.0019	0.6336

Como se observa en la figura 4 y en la Tabla 3, tanto el grupo control como los diferentes tratamientos presentaron un crecimiento de tipo alométrico, debido a que las pendientes que resultaron de la relación peso longitud fueron menores a 3 ($p \leq 0.05$) siendo estadísticamente significativos al 95% de confiabilidad.



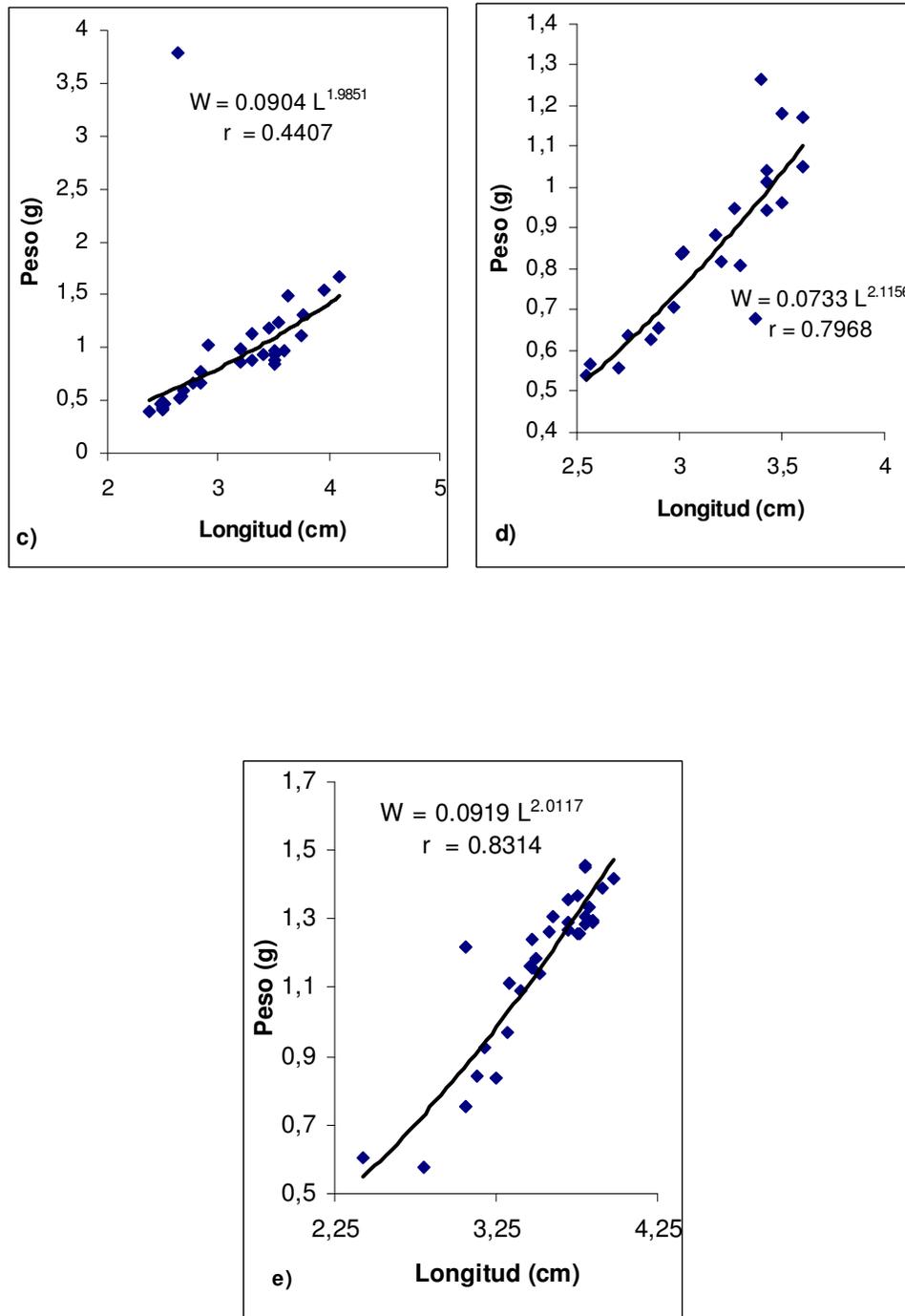


Fig. 4. Modelos de la relación Peso-Longitud de las hembras de *Poecilia reticulata* para cada uno de los tratamientos con carnitina en 30 g de alimento comercial, a) grupo control, b) 60 mg, c) 120 mg, d) 180 mg y e) 240 mg durante 313 días de experimentación.

Tabla 3. Valor de las pendientes y tipo de crecimiento obtenidos de la relación Peso-Longitud, realizada a cada tratamiento con carnitina durante 313 días de experimentación.

Concentración de carnitina en 30 g de alimento	Valor de la pendiente	Tipo de crecimiento
Grupo control	2.091	Alométrico
60 mg	2.5756	Alométrico
120 mg	1.9851	Alométrico
180 mg	2.1156	Alométrico
240 mg	2.0117	Alométrico

La condición y/o “bienestar fisiológico” que presentaron los peces en los diferentes tratamientos durante los 313 días de experimentación se presenta en la Tabla 4. De manera general se puede decir que las hembras sometidas al tratamiento de 120 mg de carnitina estuvieron durante toda la experimentación en mejores condiciones fisiológicas (0.101), seguido del tratamiento de 240 mg (0.092), del grupo control (0.083), 180 mg (0.074) y el tratamiento que presentó el factor de condición más bajo fue el de 60 mg (0.044).

Cabe señalar que las hembras del tratamiento de 180 mg de carnitina concluyeron su proceso reproductivo a los 259 días.

Tabla 4. Factor de condición promedio para cada uno de los tratamientos con carnitina durante 313 días de experimentación.

Concentración de carnitina en 30 g de alimento	Factor de condición
Grupo control	0.083
60 mg	0.044
120 mg	0.101
180 mg	0.074
240 mg	0.092

CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS

En la Tabla 5 se presenta el promedio de los registros de las características fisicoquímicas en las que estuvieron mantenidos los grupos experimentales.

Tabla 5. Promedio de las características fisicoquímicas para cada uno de los tratamientos con carnitina durante 313 días de experimentación.

Concentración de carnitina en 30 g de alimento	Temperatura (°C)	pH	Oxígeno disuelto (ml/L)
Grupo control	26	8.2	7.3
60 mg	26	8.2	7.3
120 mg	26	8.2	7.5
180 mg	26	8.3	7.7
240 mg	26	8.3	7.3

❖ PRIMER NACIMIENTO

PRODUCCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS CRÍAS

El tratamiento en el que se presentó la mayor cantidad de crías promedio fue el grupo control con 31, le siguió el de 120 mg de carnitina con 30, el de 240 mg con 23, el de 60 mg de carnitina con 13 y el de menor número de crías se presentó en 180 mg con 7 (Fig. 5). Existieron diferencias significativas entre el número de crías nacidas para cada tratamiento ($0.026 < 0.05$). Al aplicar el estadístico de LSD para determinar cuales eran los grupos diferentes, se determinó al 95% de confianza, que entre el grupo control, el de 120 y 240 mg de carnitina no hubo diferencias significativas, por lo tanto, no hubo un incremento en el número de crías nacidas por efecto de la carnitina.

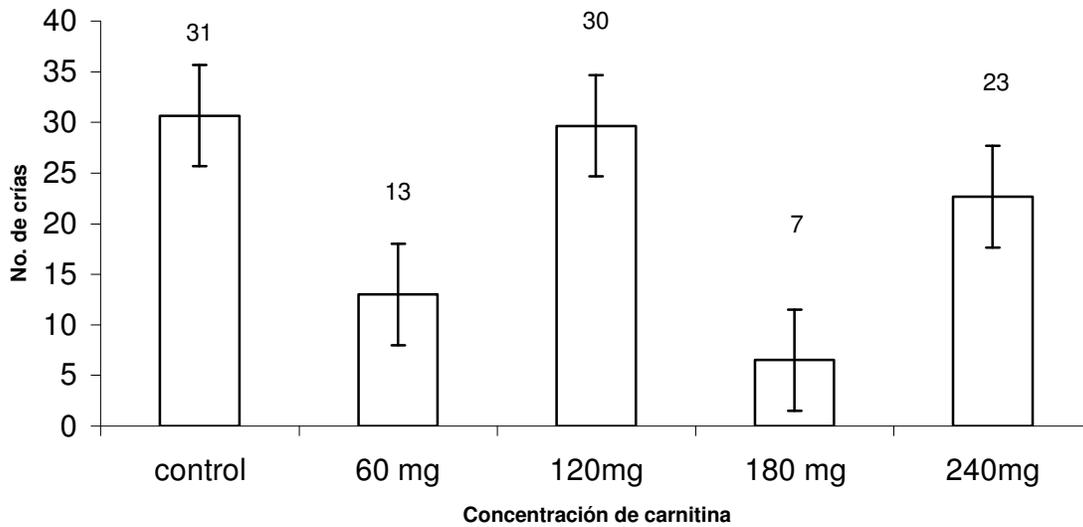


Fig. 5. Número de crías promedio por hembra por tratamiento de carnitina.

La concentración en la que se presentaron las crías con mayor peso promedio fue el grupo control y en la concentración de 240 mg de carnitina con 0.009 g, en los tratamientos de 60 mg, 120 mg y 180 mg de carnitina se obtuvieron crías cuyo peso promedio fue de 0.007g (Fig. 6). No existieron diferencias significativas entre los pesos promedio de las crías de cada tratamiento ($0.15 > 0.05$).

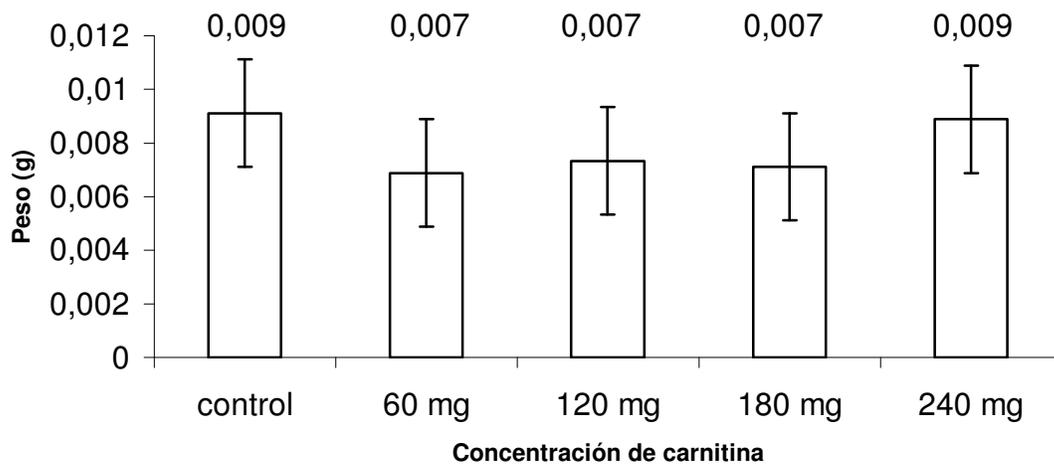


Fig. 6. Peso promedio de las crías por tratamiento durante el primer nacimiento.

La concentración en la que se presentaron las crías con mayor longitud promedio fue la concentración de 240 mg de carnitina con 0.70 cm, le siguió la concentración de 120 mg de carnitina y el grupo control con 0.68 cm, la concentración de 180 mg de carnitina presentó crías cuya longitud promedio fue de 0.65 cm y las de menor tamaño se presentaron en la concentración de 60 mg con 0.64 cm de longitud promedio por cría (Fig. 7). No existieron diferencias significativas entre la longitud promedio de las crías de cada tratamiento ($0.67 > 0.05$).

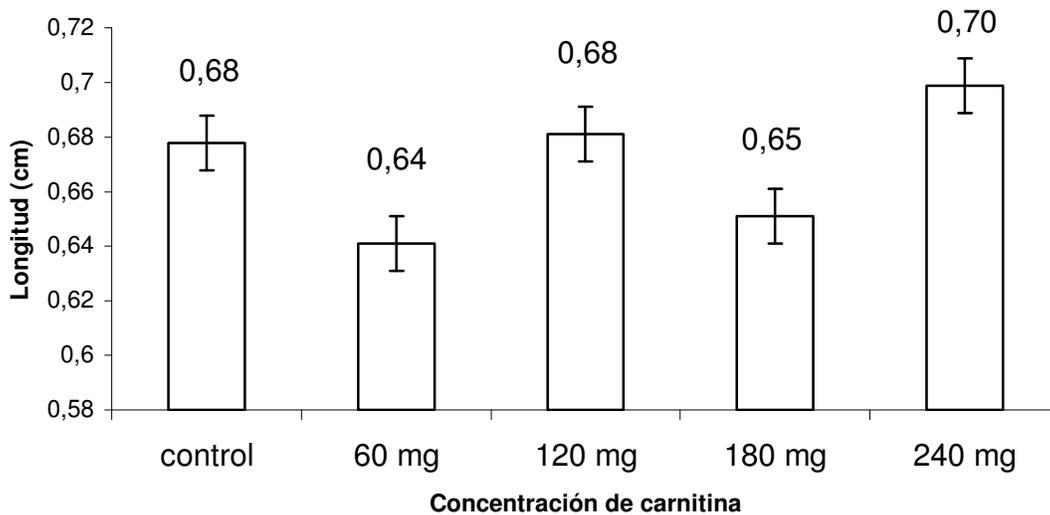
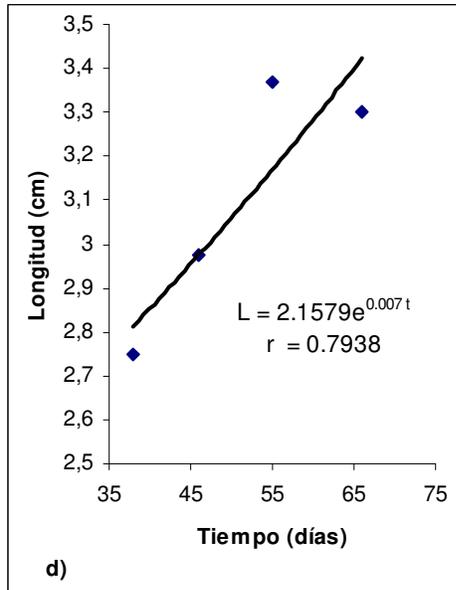
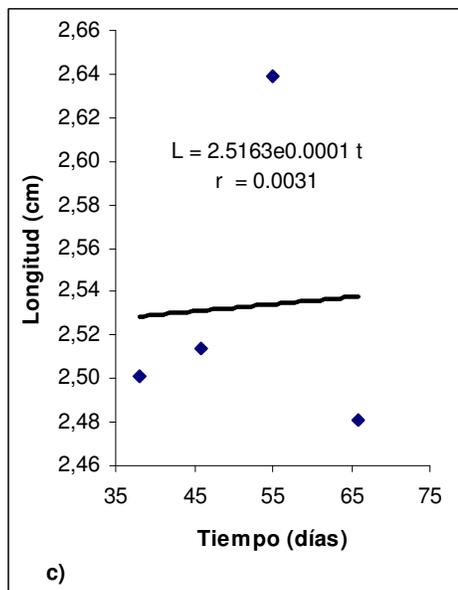
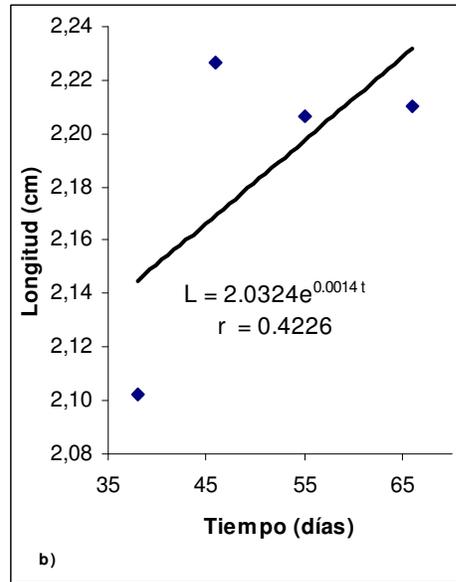
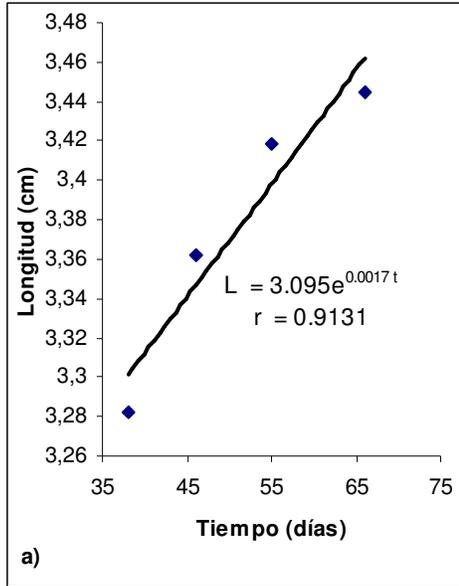


Fig. 7. Longitud promedio de las crías por tratamiento de carnitina.

CARACTERÍSTICAS DE LAS HEMBRAS REPRODUCTORAS

Como se observa en la figura 8 y Tabla 6, de manera general se determinó que el tratamiento administrando 180 mg de carnitina, fue el que presentó la mayor tasa con (0.0070), siguiéndole el tratamiento de 240 mg (0.0031), el grupo control con (0.0017), el tratamiento de 60 mg con (0.0014) y la menor tasa fue presentada por el tratamiento de 120 mg con (0.0001).



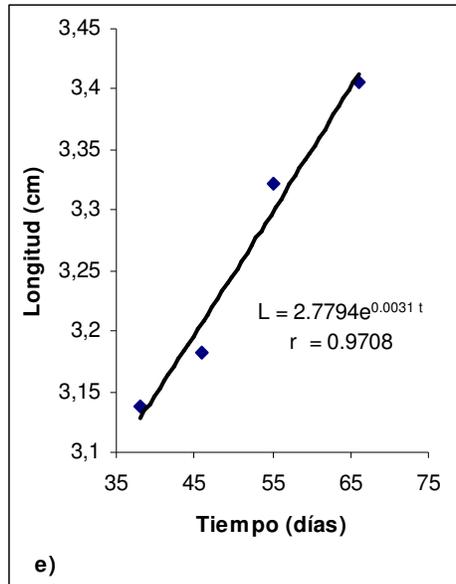
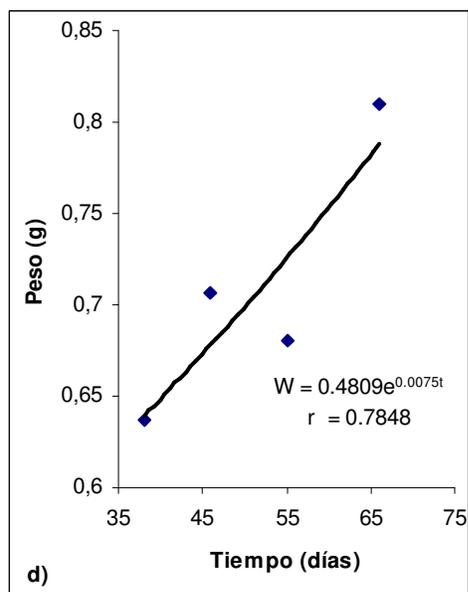
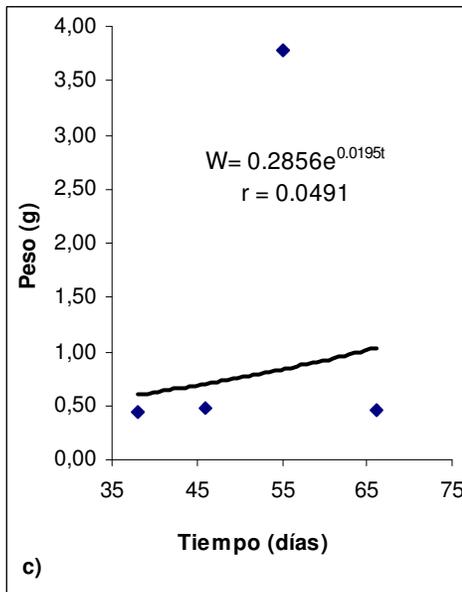
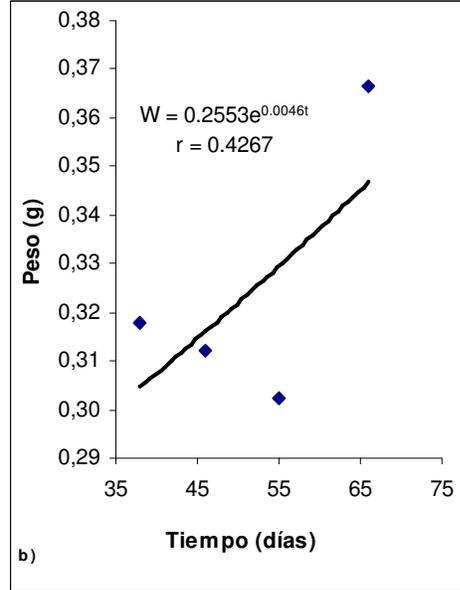
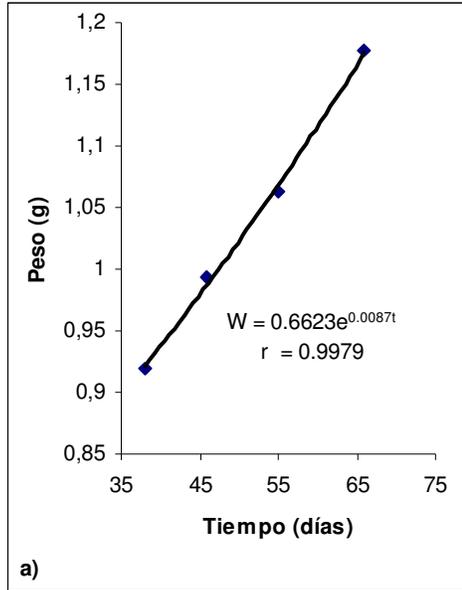


Fig. 8. Modelos de crecimiento exponencial en longitud de las hembras de *Poecilia reticulata* para cada una de los tratamientos de carnitina en 30 g de alimento comercial, a) grupo control, b) 60 mg, c) 120 mg, d) 180 mg y e) 240 mg.

Tabla 6. Tasa de crecimiento en longitud y coeficiente de correlación para cada uno de las concentraciones de carnitina.

Concentración de carnitina en 30 g de alimento	Tasa de crecimiento	Coefficiente de correlación
Grupo control	0.0017	0.9131
60 mg	0.0014	0.4226
120 mg	0.0001	0.0031
180 mg	0.0070	0.7938
240 mg	0.0031	0.9708

Como se observa en la figura 9 y en la Tabla 7, de manera general se observó que la mayor tasa de crecimiento exponencial en peso la presentaron los organismos que consumieron alimento con 120 mg de carnitina (0.0195), seguido de la concentración de 240 mg (0.0089), el grupo control (0.0087), la de 180 mg (0.0075) y la menor tasa fue presentada por el tratamiento de 60 mg (0.0046).



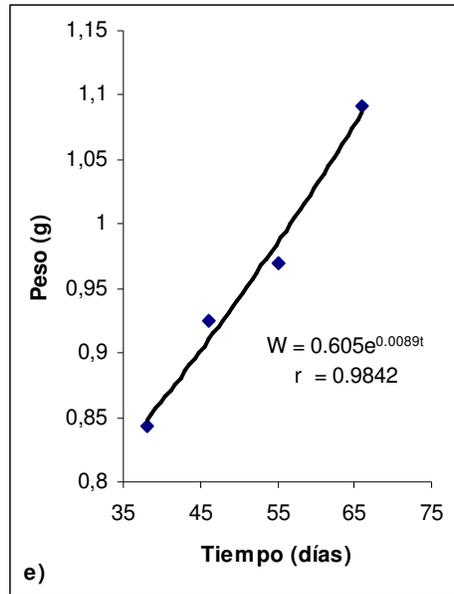
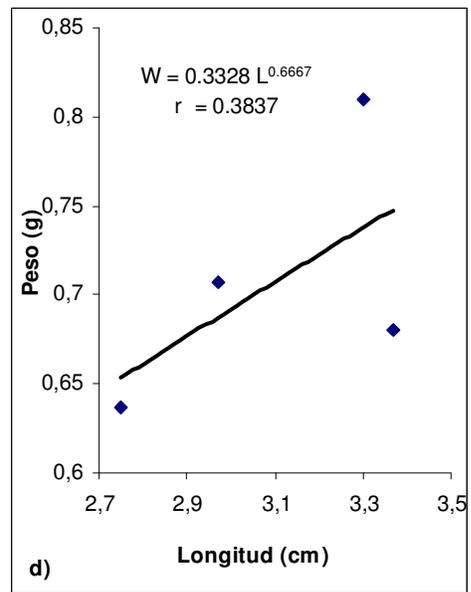
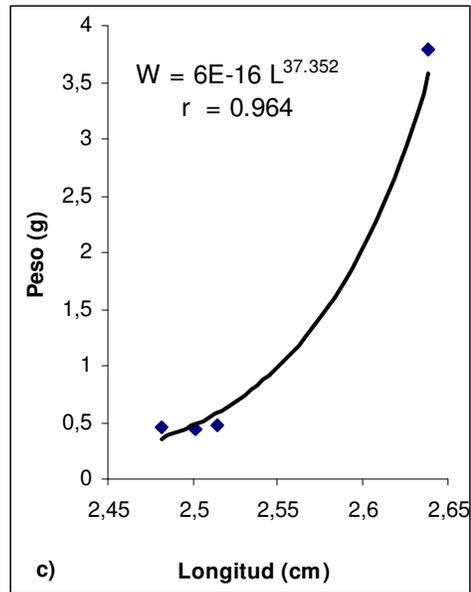
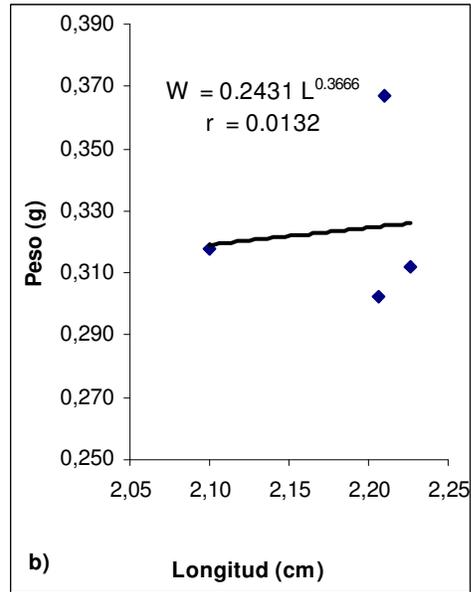
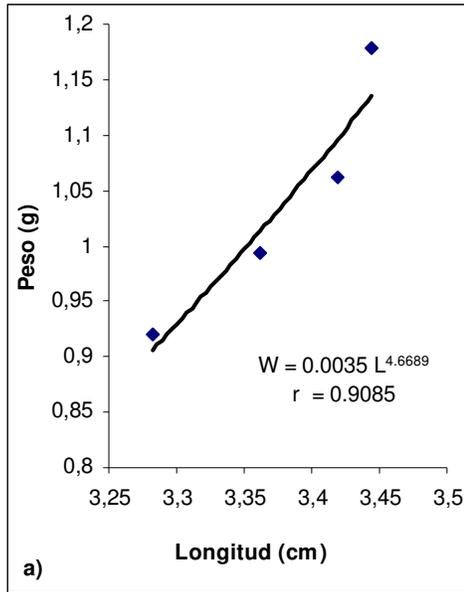


Fig. 9. Modelos de crecimiento exponencial en peso de las hembras de *Poecilia reticulata* para cada uno de los tratamientos con carnitina en 30 g de alimento comercial, a) grupo control, b) 60 mg, c) 120 mg, d) 180 mg y e) 240 mg.

Tabla 7. Tasa de crecimiento exponencial en peso y coeficiente de correlación para cada uno de los tratamientos con carnitina.

Concentración de carnitina en 30 g de alimento	Tasa de crecimiento	Coefficiente de correlación
Grupo control	0.0087	0.9979
60 mg	0.0046	0.4267
120 mg	0.0195	0.0491
180 mg	0.0075	0.7848
240 mg	0.0089	0.9842

Como se observa en la figura 10 y en la Tabla 8, el grupo control y la concentración de 120 mg presentaron un crecimiento de tipo isométrico debido a que las pendientes que resultaron de la relación peso-longitud fueron mayores a 3. Mientras que las concentraciones de 60 mg, 180 mg y 240 mg presentaron un crecimiento de tipo alométrico debido a que las pendientes que resultaron de la relación peso-longitud fueron menores a 3 ($p \leq 0.05$) siendo estadísticamente significativos al 95% de confiabilidad.



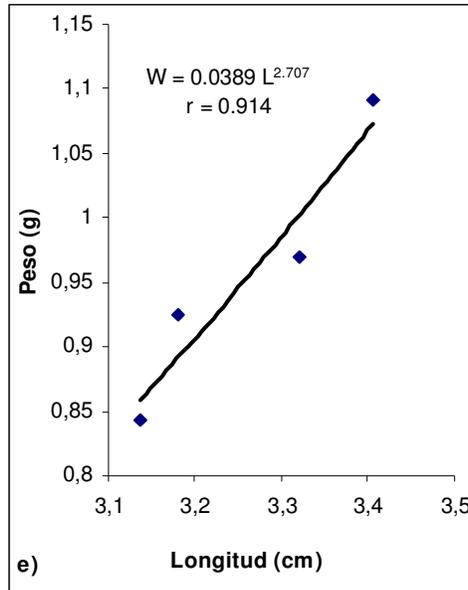


Fig. 10. Modelos de la relación Peso-Longitud de las hembras de *Poecilia reticulata* para cada uno de los tratamientos con carnitina en 30 g de alimento comercial, a) grupo control, b) 60 mg, c) 120 mg, d) 180 mg y e) 240 mg.

Tabla 8. Valor de las pendientes y tipo de crecimiento obtenidos de la relación Peso-Longitud, realizada a cada tratamiento con carnitina.

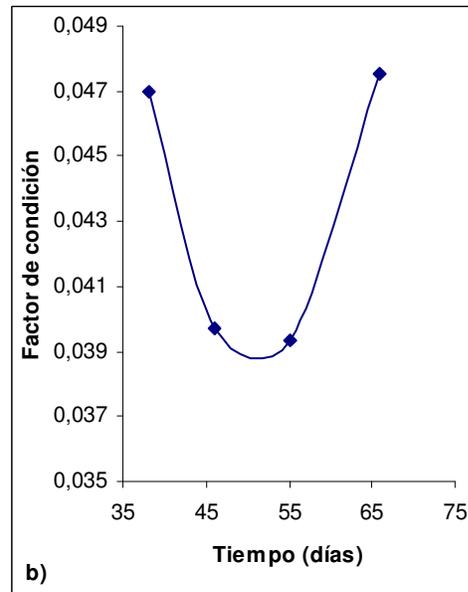
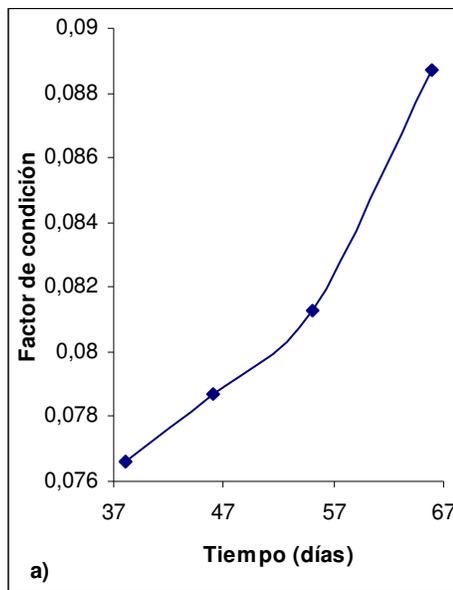
Concentración de carnitina en 30 g de alimento	Valor de la pendiente	Tipo de crecimiento
Grupo control	4.6689	Isométrico
60 mg	0.3666	Alométrico
120 mg	37.352	Isométrico
180 mg	0.6667	Alométrico
240 mg	2.707	Alométrico

La condición y/o “bienestar fisiológico” que presentaron los peces se presenta en la Tabla 9 y se observa en la figura 11. De manera general se puede decir que las hembras sometidas al tratamiento de 120 mg de carnitina estuvieron durante toda la experimentación en mejores condiciones fisiológicas (0.194), seguido del tratamiento de 240 mg (0.089), del grupo control (0.081), 180 mg (0.066) y el tratamiento que presentó el factor de condición más bajo fue el de 60 mg (0.043).

Cabe señalar que las hembras del tratamiento de 180 mg de carnitina concluyeron su proceso reproductivo a los 259 días.

Tabla 9. Factor de condición promedio para cada uno de los tratamientos con carnitina.

Concentración de carnitina en 30 g de alimento	Factor de condición
Grupo control	0.081
60 mg	0.043
120 mg	0.194
180 mg	0.066
240 mg	0.089



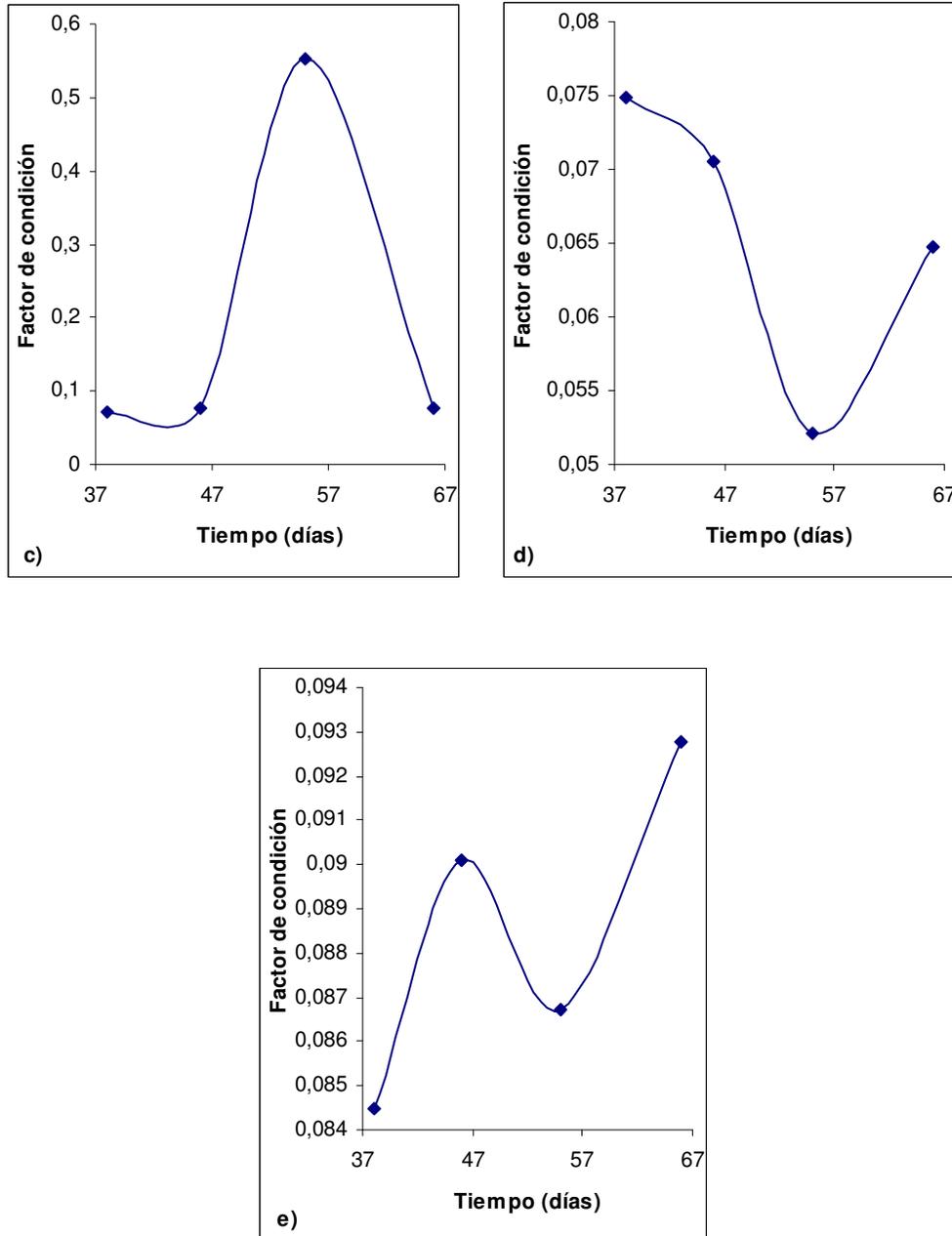


Fig. 11. Factor de condición de las hembras de *P. reticulata* durante el primer nacimiento para cada una de las concentraciones de carnitina en 30 g de alimento comercial a) grupo control, b) 60 mg, c) 120 mg, d) 180 mg y e) 240 mg.

❖ **SEGUNDO NACIMIENTO**

PRODUCCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS CRÍAS

El tratamiento en el que se presentó la mayor cantidad de crías promedio fue el grupo control con 51, le siguió el de 60 mg de carnitina con 28, el de 240 mg y el de 120 mg con 27 y el de menor número de crías se presentó en 180 mg con 14 (Fig. 12). No existieron diferencias significativas entre el número de crías nacidas por cada tratamiento ($0.24 > 0.05$).

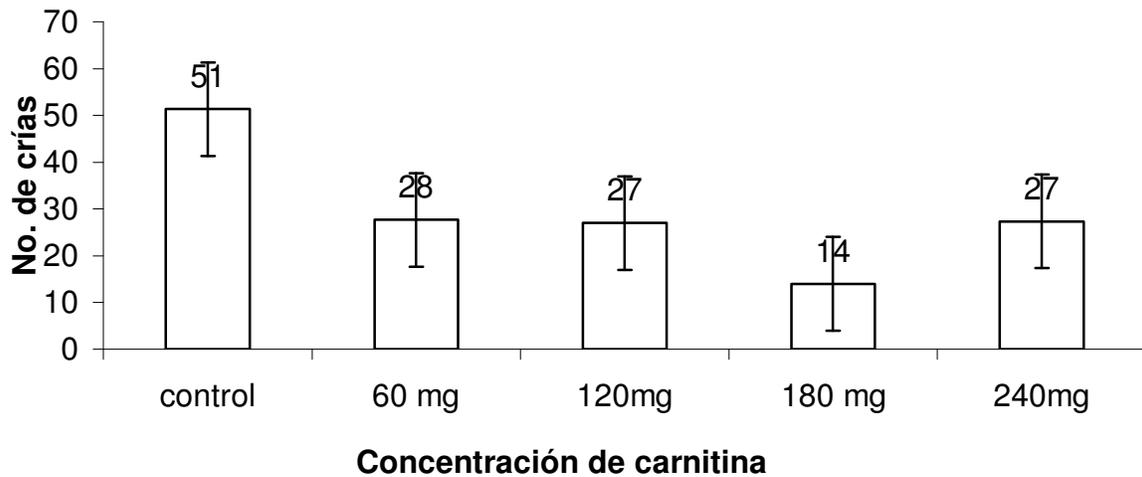


Fig. 12. Número de crías obtenidas por tratamiento de carnitina.

La concentración en la que se presentaron las crías con mayor peso promedio fue la concentración de 240 mg de carnitina y el grupo control con 0.009 g y en los tratamientos de 60 mg, 120 mg y 180 mg de carnitina se obtuvieron crías cuyo peso promedio fue de 0.007 g (Fig. 13). No existieron diferencias significativas entre el peso promedio de las crías de cada tratamiento ($0.15 > 0.05$).

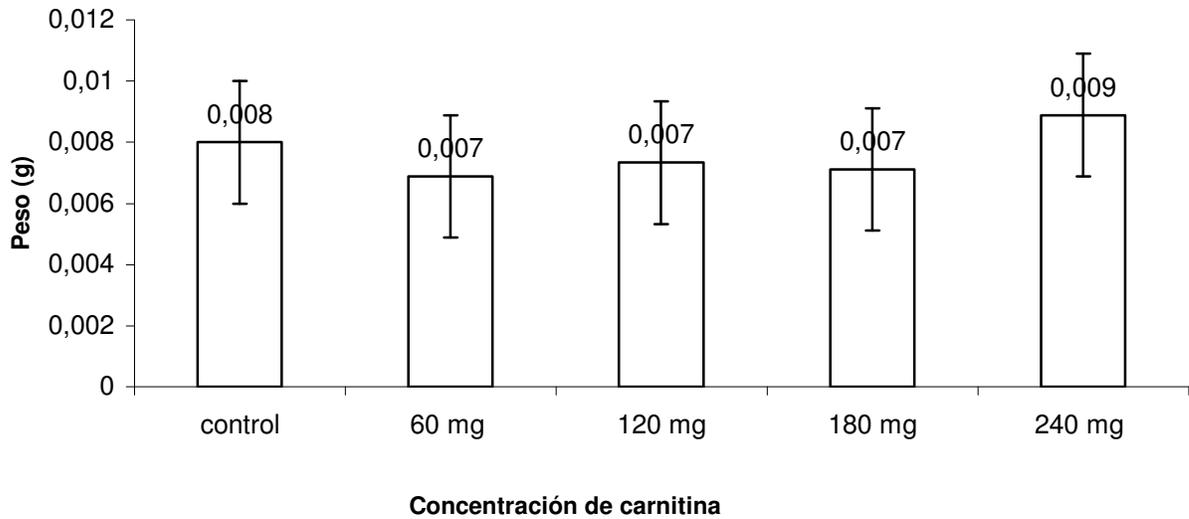


Fig. 13. Peso promedio de las crías por tratamiento de carnitina.

La concentración en la que se presentaron las crías con mayor longitud promedio fue la concentración de 240 mg de carnitina con 0.70 cm, le siguió la concentración de 120 mg de carnitina y el grupo control con 0.68 cm, la concentración de 60 mg de carnitina presentó crías cuya longitud promedio es de 0.66 cm y en último lugar se registró la concentración de 180 mg con 0.65 cm de longitud promedio por cría (Fig. 14). No existieron diferencias significativas entre la longitud promedio de las crías de cada tratamiento ($0.82 > 0.05$).

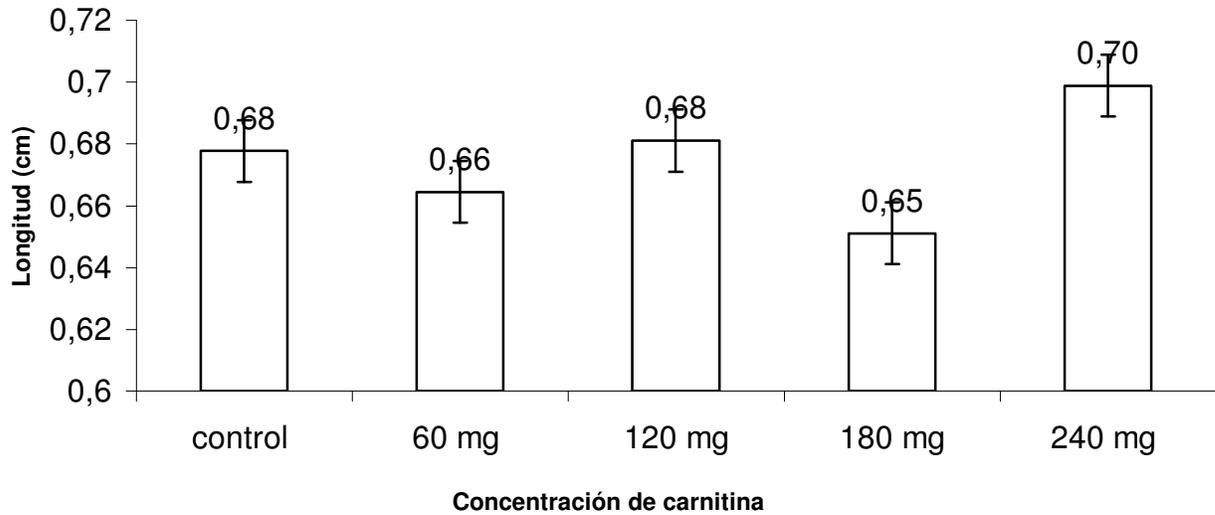
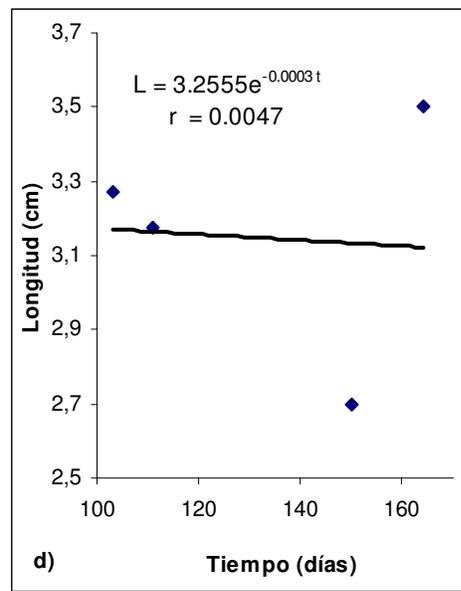
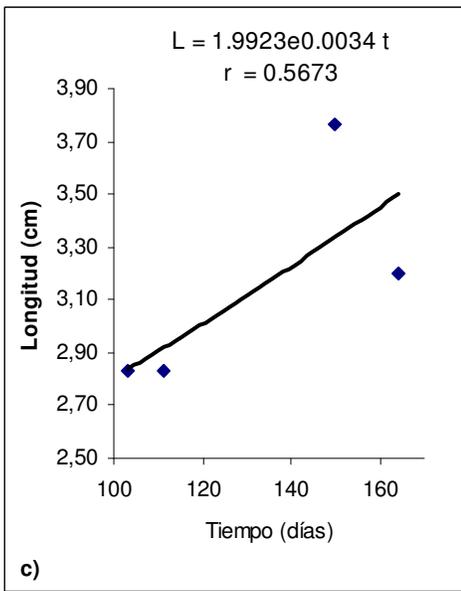
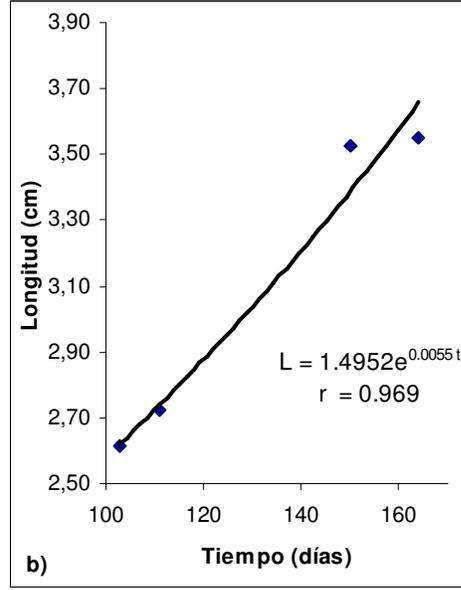
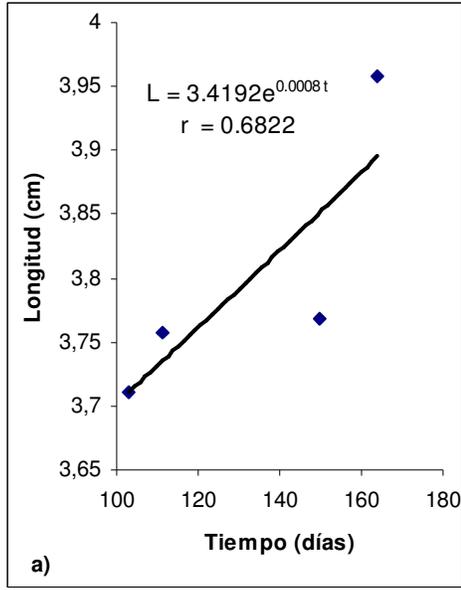


Fig. 14. Longitud promedio de las crías por tratamiento de carnitina.

CARACTERÍSTICAS DE LAS HEMBRAS REPRODUCTORAS

Como se observa en la figura 15 y en la Tabla 10, de manera general, se determinó que el tratamiento administrando 60 mg de carnitina, fue el que presentó la mayor tasa con (0.0055), siguiéndole el tratamiento de 120 mg (0.0034), el grupo control con (0.0008), el tratamiento de 240 mg con (0.0004) y la menor tasa fue presentada por el tratamiento de 180 mg con (-0.0003).



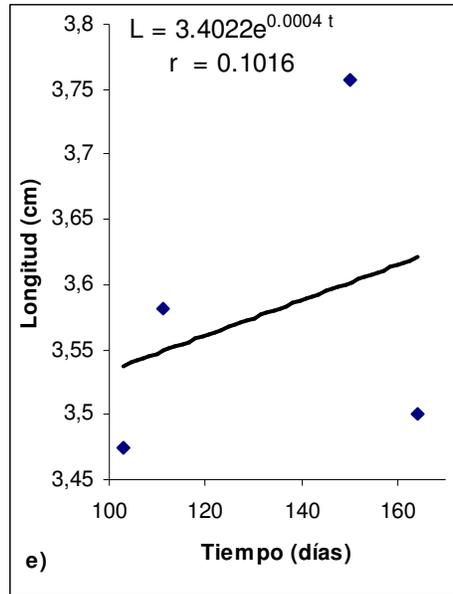
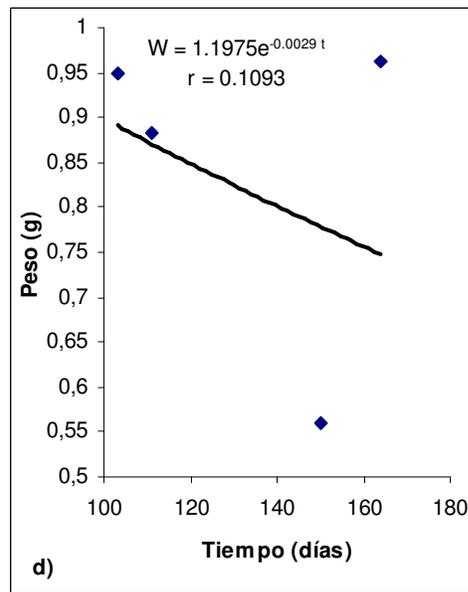
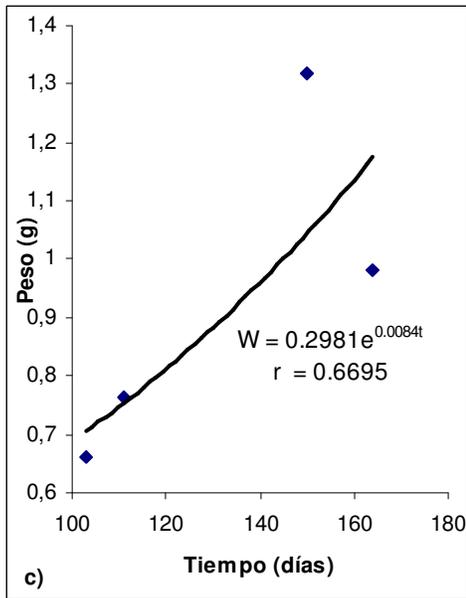
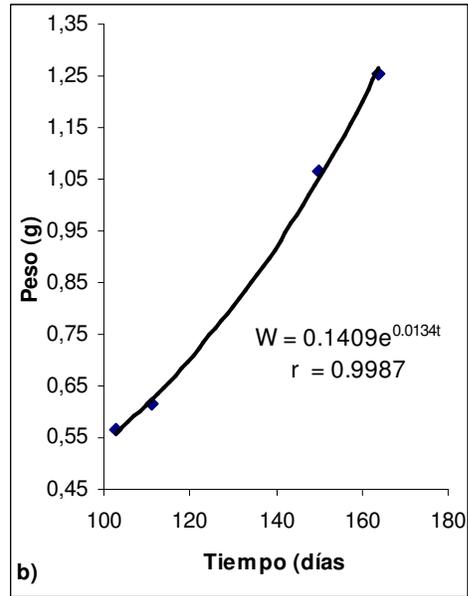
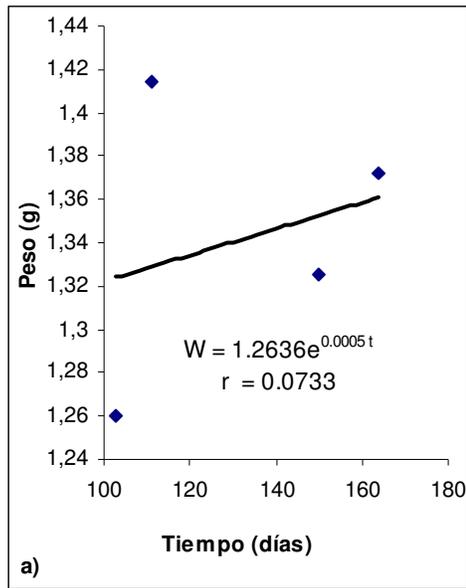


Fig. 15. Modelos de crecimiento exponencial en longitud de las hembras de *Poecilia reticulata* para cada una de los tratamientos con carnitina en 30 g de alimento comercial, a) grupo control, b) 60 mg, c) 120 mg, d) 180 mg y e) 240 mg.

Tabla 10. Tasa de crecimiento exponencial en longitud y coeficiente de correlación para cada uno de los tratamientos con carnitina.

Concentración de carnitina en 30 g de alimento	Tasa de crecimiento	Coficiente de correlación
Grupo control	0.0008	0.6822
60 mg	0.0055	0.969
120 mg	0.0034	0.5673
180 mg	-0.0003	0.0047
240 mg	0.0004	0.1016

Como se observa en la figura 16 y Tabla 11, de manera general se observó que la mayor tasa de crecimiento en peso la presentaron los peces que consumieron alimento con 60 mg de carnitina (0.0134), seguido del tratamiento de 120 mg (0.0084), el grupo control con (0.0005), el tratamiento de 240 mg con (0.0002) y la menor tasa fue presentada en el tratamiento de 180 mg con (-0.0029).



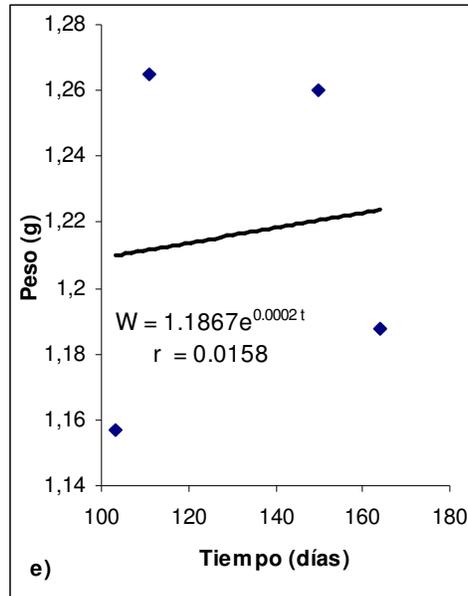
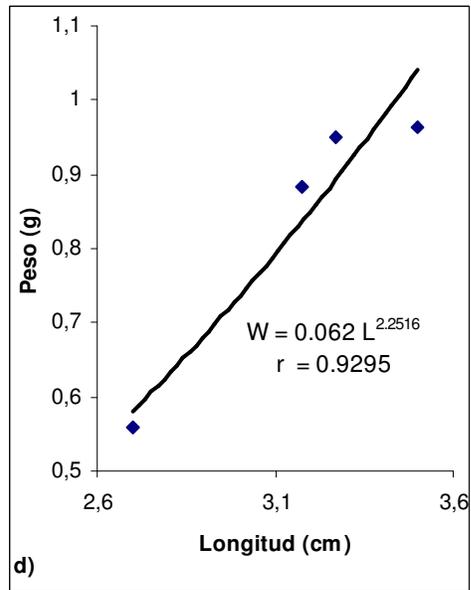
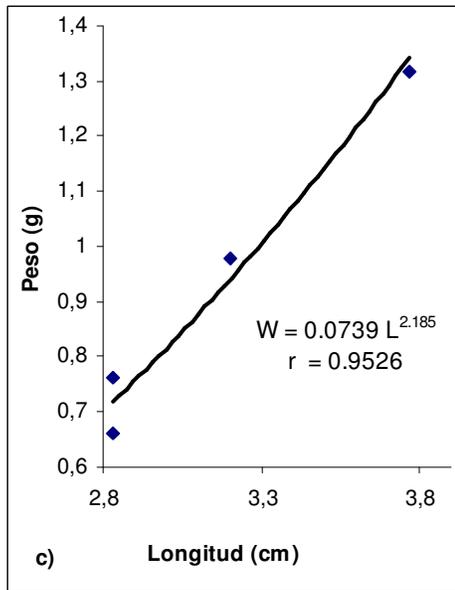
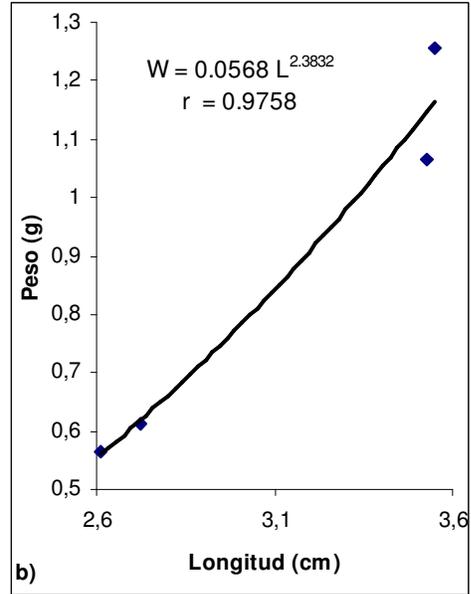
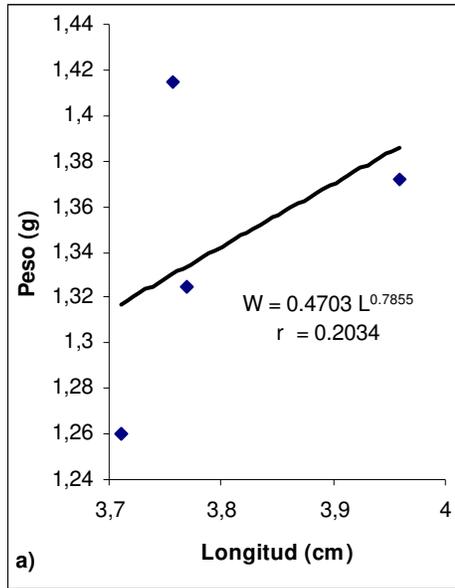


Fig. 16. Modelos de crecimiento exponencial en peso de las hembras de *Poecilia reticulata* para cada uno de los tratamientos con carnitina en 30 g de alimento comercial, a) grupo control, b) 60 mg, c) 120 mg, d) 180 mg y e) 240 mg.

Tabla 11. Tasa de crecimiento exponencial en peso y coeficiente de correlación para cada uno de los tratamientos con carnitina.

Concentración de carnitina en 30 g de alimento	Tasa de crecimiento	Coefficiente de correlación
Grupo control	0.0005	0.0733
60 mg	0.0134	0.9987
120 mg	0.0084	0.6695
180 mg	-0.0029	0.1093
240 mg	0.0002	0.0158

Como se observa en la figura 17 y en la Tabla 12, tanto el grupo control como los tratamientos presentaron un crecimiento de tipo alométrico debido a que las pendientes que resultaron de la relación peso-longitud fueron menores a 3 ($p \leq 0.05$) siendo estadísticamente significativos al 95% de confiabilidad.



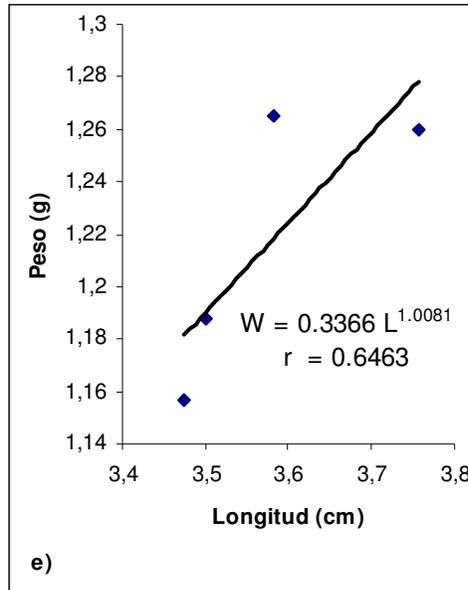


Fig. 17. Modelos de la relación Peso-Longitud de las hembras de *Poecilia reticulata* para cada uno de los tratamientos con carnitina en 30 g de alimento comercial, a) grupo control, b) 60 mg, c) 120 mg, d) 180 mg y e) 240 mg.

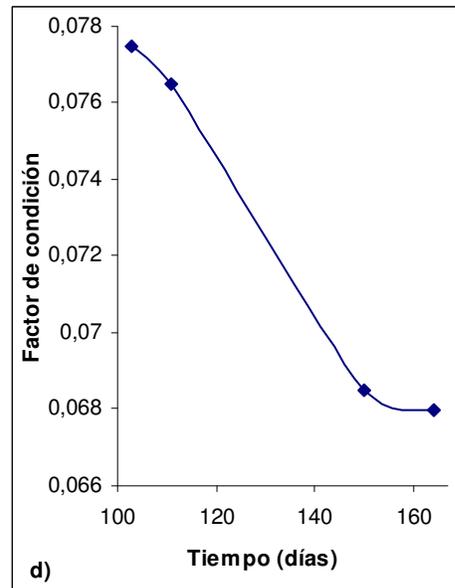
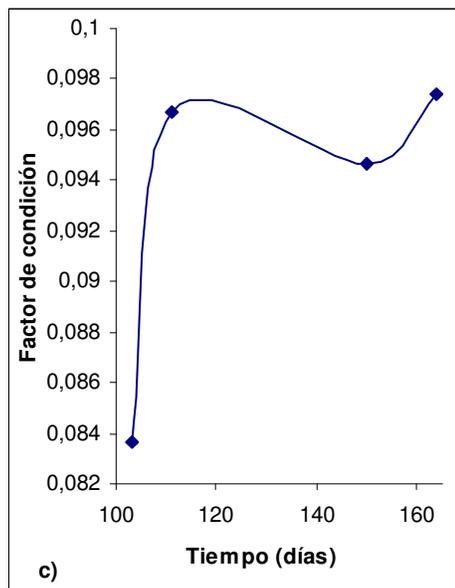
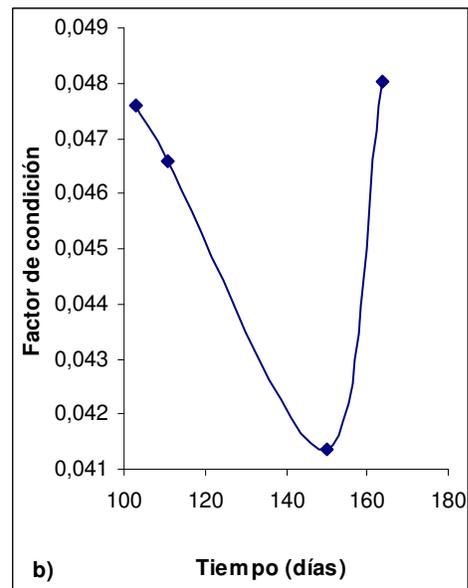
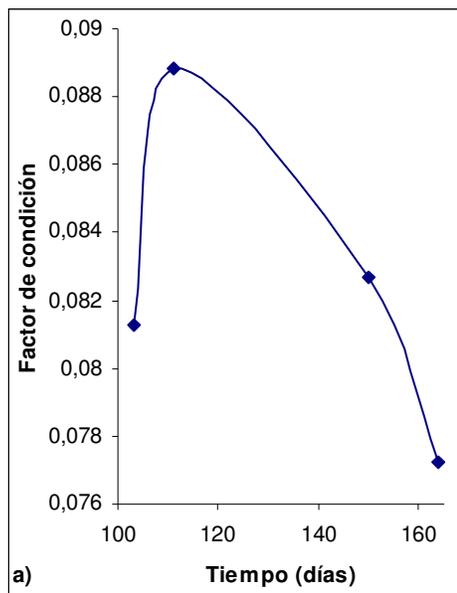
Tabla 12. Valor de las pendientes y tipo de crecimiento obtenidos de la relación Peso-Longitud, realizada a cada tratamiento con carnitina.

Concentración de carnitina en 30 g de alimento	Valor de la pendiente	Tipo de crecimiento
Grupo control	0.7855	Alométrico
60 mg	2.3832	Alométrico
120 mg	2.185	Alométrico
180 mg	2.2516	Alométrico
240 mg	1.0081	Alométrico

La condición y/o “bienestar fisiológico” que presentaron los peces se presenta en la Tabla 13 y se observa en la figura 18. De manera general se puede decir que las hembras sometidas al tratamiento de 240 mg de carnitina estuvieron durante toda la experimentación en mejores condiciones fisiológicas (0.094), seguido del tratamiento de 120 mg (0.093), del grupo control (0.082), 180 mg (0.073) y el tratamiento que presentó el factor de condición más bajo fue el de 60 mg (0.046). Cabe señalar que las hembras del tratamiento de 180 mg de carnitina concluyeron su proceso reproductivo a los 259 días.

Tabla 13. Factor de condición promedio para cada para cada uno de los tratamientos con carnitina.

Concentración de carnitina en 30 g de alimento	Factor de condición
Grupo control	0.082
60 mg	0.046
120 mg	0.093
180 mg	0.073
240 mg	0.094



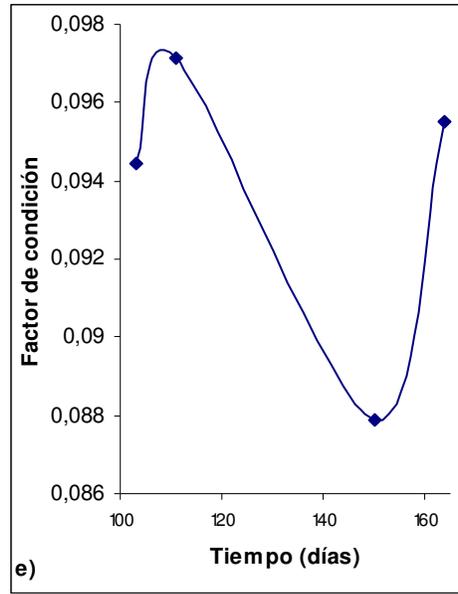


Fig. 18. Factor de condición de las hembras de *Poecilia reticulata* para cada uno de los tratamientos con carnitina en 30 g de alimento comercial, a) grupo control, b) 60 mg, c) 120 mg, d) 180 mg y e) 240 mg.

❖ TERCER NACIMIENTO

PRODUCCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS CRÍAS

El tratamiento en el que se presentó la mayor cantidad de crías promedio fue el de 120 mg de carnitina con 37, le siguió el de 60 mg de carnitina con 22, el de 180 mg y el grupo control con 12 y el de menor número de crías se presentó en 240 mg con 9 (Fig. 19). No existieron diferencias significativas entre el número de crías nacidas por cada tratamiento ($0.20 > 0.05$).

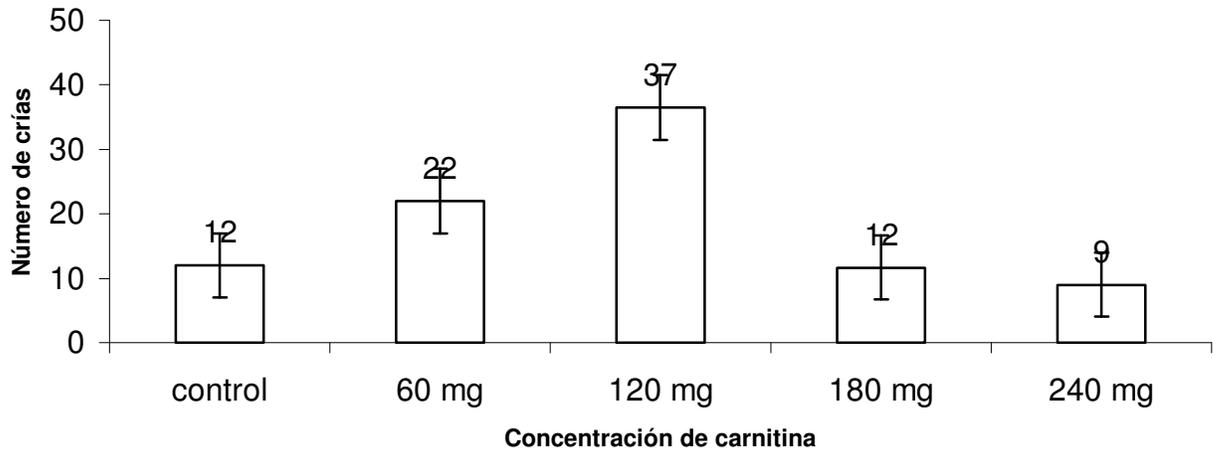


Fig. 19. Número de crías promedio por hembra por tratamiento de carnitina.

La concentración en la que se presentaron las crías con mayor peso promedio fue la concentración de 240 mg de carnitina con 0.010 g, le siguió la concentración de 120 mg con 0.008 g, el tratamiento de 180 mg con 0.007 g y en último lugar se registraron la concentración de 60 mg y el grupo control con 0.006 g de peso promedio por cría (Fig. 20).

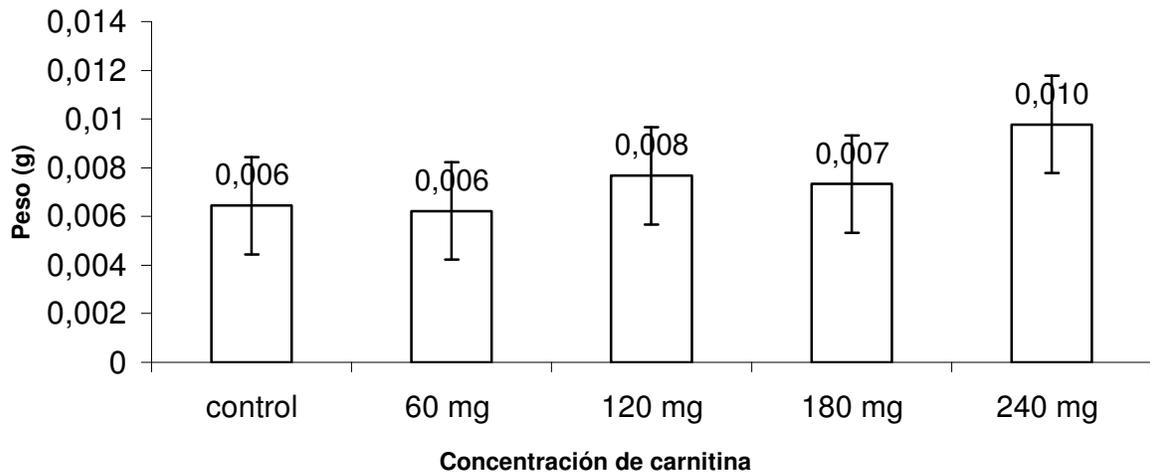


Fig. 20. Peso promedio de las crías por tratamiento de carnitina.

Existieron diferencias significativas entre el peso promedio de las crías nacidas por cada tratamiento ($0.037 < 0.05$). Al aplicar el estadístico de LSD para determinar

los grupos diferentes, se determinó al 95 % de confianza, que existieron diferencias significativas entre el peso promedio de las crías del tratamiento de 240 mg, el control y las de 60 mg, pero no entre las de 240 con 120 y 180 mg de carnitina.

La concentración en la que se presentaron las crías con mayor longitud promedio fue la concentración de 240 mg de carnitina con 0.67 cm, le siguió la concentración de 60 mg de carnitina con 0.65 cm, la concentración de 180 mg de carnitina presentó crías cuya longitud promedio es de 0.64 cm, la concentración de 120 mg con 0.62 cm y en último lugar se registró el grupo control con 0.61 cm de longitud promedio por cría (Fig. 21). No existieron diferencias significativas entre la longitud promedio de las crías de cada tratamiento ($0.50 > 0.05$).

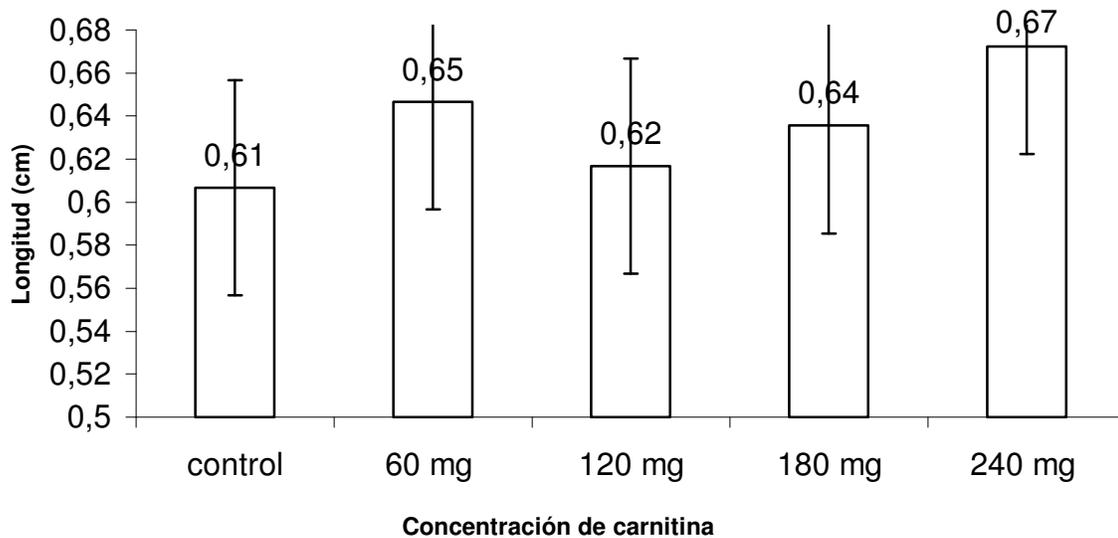
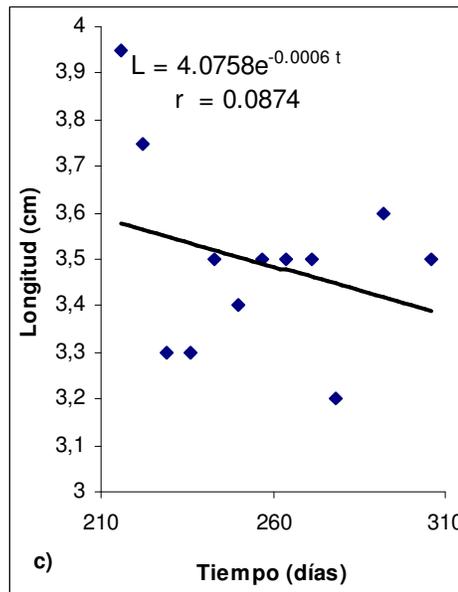
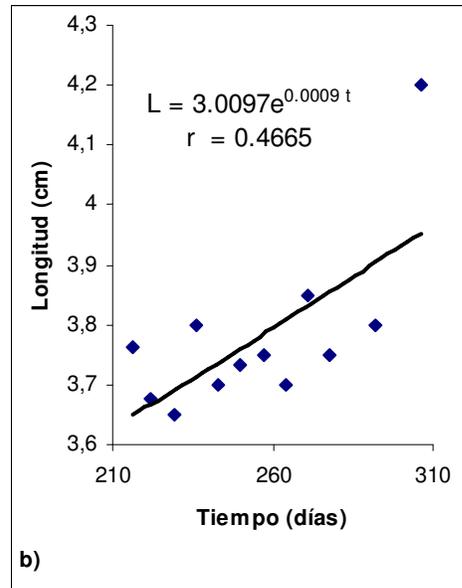
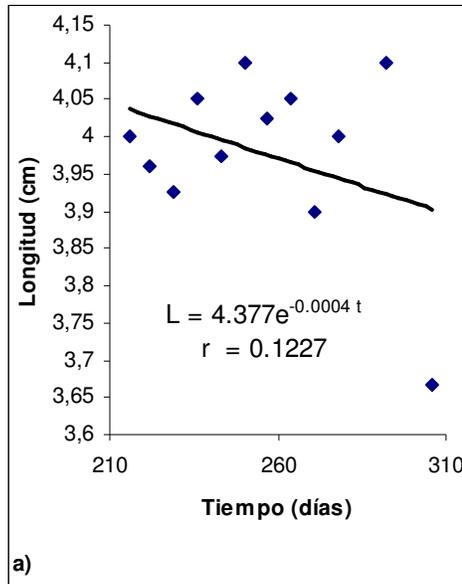


Fig. 21. Longitud promedio de las crías por tratamiento de carnitina.

CARACTERÍSTICAS DE LAS HEMBRAS REPRODUCTORAS

Como se observa en la figura 22 y en la Tabla 14, de manera general, se observó que el tratamiento administrando 60 mg de carnitina, fue el que presentó la mayor tasa con (0.0009), siguiéndole el tratamiento de 180 mg (-0.0044), el grupo control

con (-0.0004), el tratamiento de 120 mg con (-0.0006) y la menor tasa fue presentada por el tratamiento de 240 mg con (-7E-05).



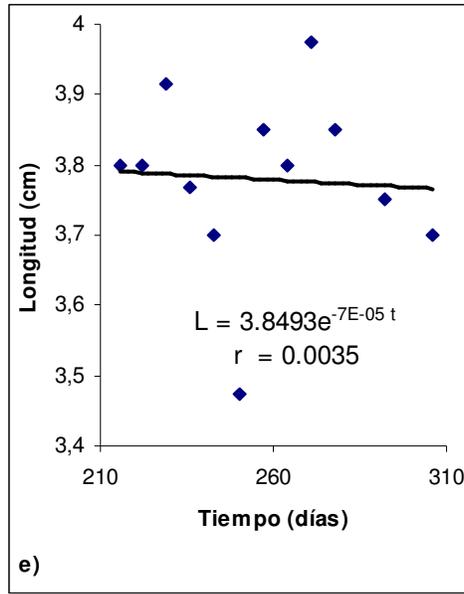
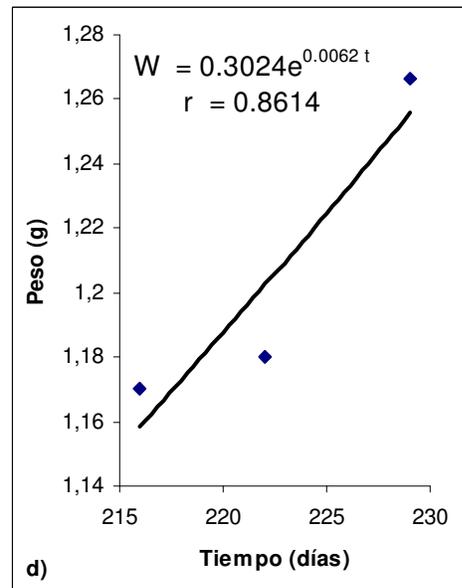
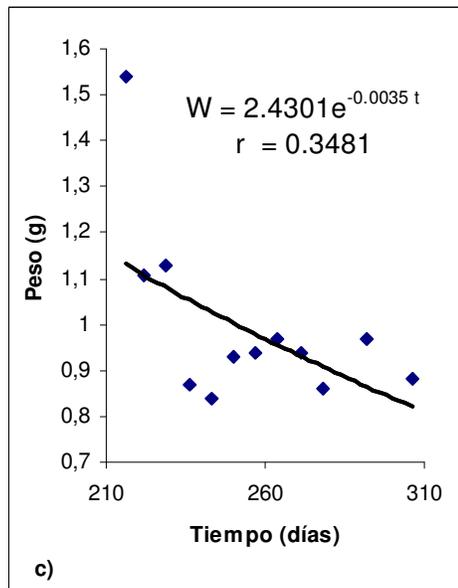
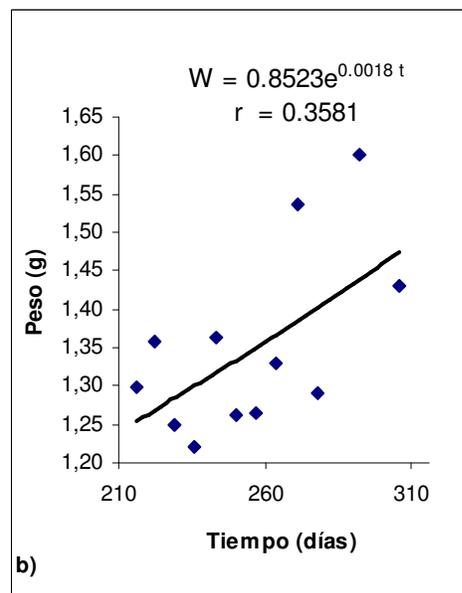
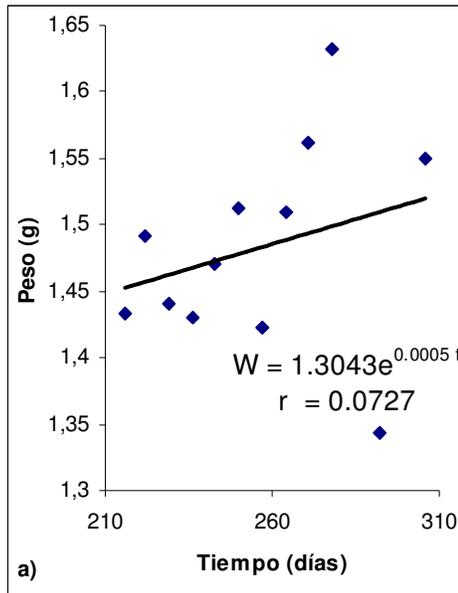


Fig. 22. Modelos de crecimiento exponencial en longitud de las hembras de *Poecilia reticulata* para cada una de los tratamientos de carnitina en 30 g de alimento comercial, a) grupo control, b) 60 mg, c) 120 mg, d) 180 mg y e) 240 mg.

Tabla 14. Tasa de crecimiento en longitud y coeficiente de correlación para cada uno de las concentraciones de carnitina.

Concentración de carnitina en 30 g de alimento	Tasa de crecimiento	Coeficiente de correlación
Grupo control	-0.0004	0.1227
60 mg	0.0009	0.4665
120 mg	-0.0006	0.0874
180 mg	-0.0044	0.9987
240 mg	-7 E-05	0.4936

Como se observa en la figura 23 y en la Tabla 15, de manera general se observó que la mayor tasa de crecimiento en peso la presentaron los peces que consumieron 180 mg de carnitina (0.0062), seguido de la concentración de 60 mg (0.0018), el grupo control (0.0005), la de 120 mg de carnitina (-0.0035) y la menor tasa fue presentada en el tratamiento de 240 mg (-0.0004).



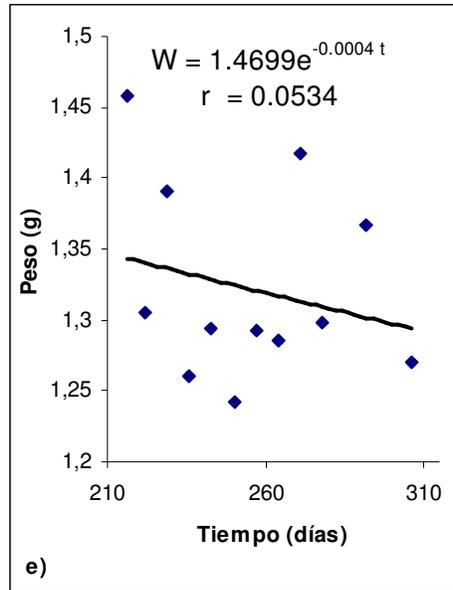
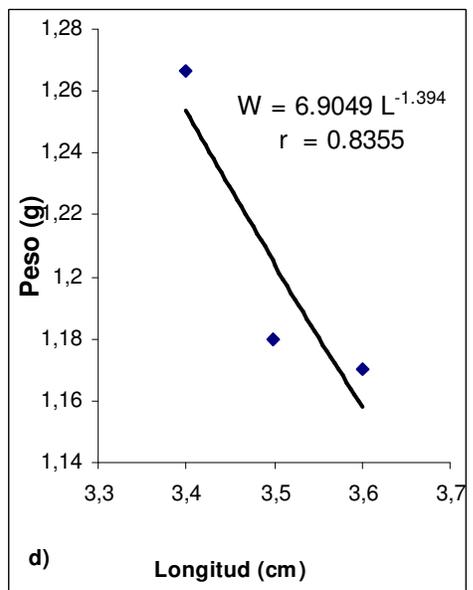
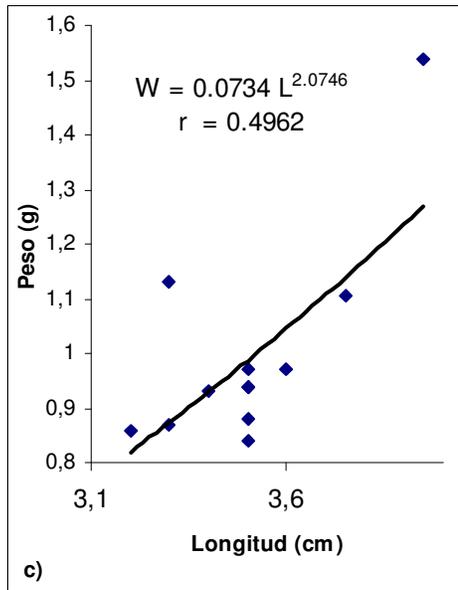
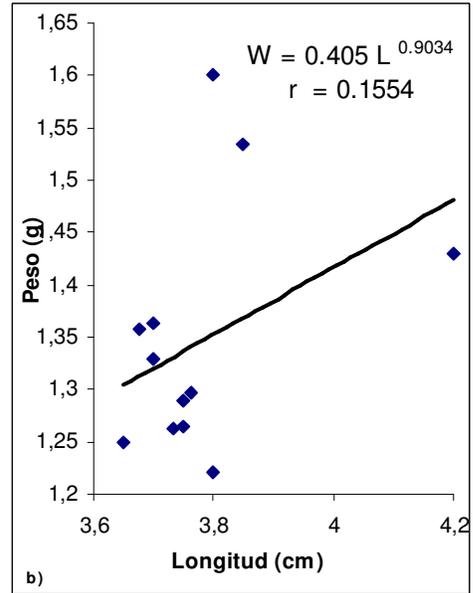
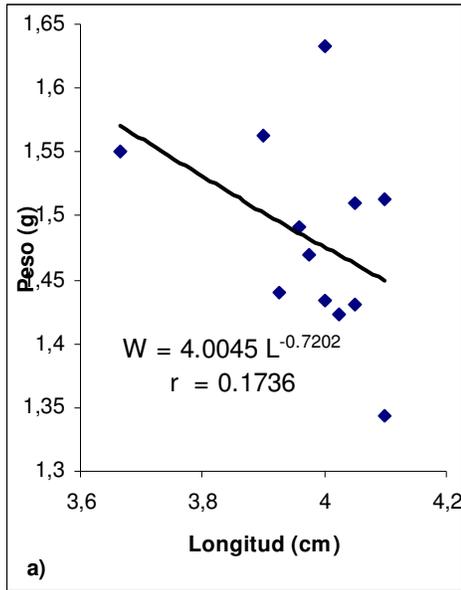


Fig. 23. Modelos de crecimiento exponencial en peso de las hembras de *Poecilia reticulata* para cada uno de los tratamientos con carnitina en 30 g de alimento comercial, a) grupo control, b) 60 mg, c) 120 mg, d) 180 mg y e) 240 mg.

Tabla 15. Tasa de crecimiento exponencial en peso y coeficiente de correlación para cada uno de los tratamientos con carnitina.

Concentración de carnitina en 30 g de alimento	Tasa de crecimiento	Coefficiente de correlación
Grupo control	0.0005	0.0727
60 mg	0.0018	0.3581
120 mg	-0.0035	0.3481
180 mg	0.0062	0.8614
240 mg	-0.0004	0.0534

Como se observa en la figura 24 y en la Tabla 16, tanto el grupo control como los tratamientos presentaron un crecimiento de tipo alométrico debido a que las pendientes que resultaron de la relación peso-longitud fueron menores a 3 ($p < 0.05$) siendo estadísticamente significativos al 95% de confiabilidad.



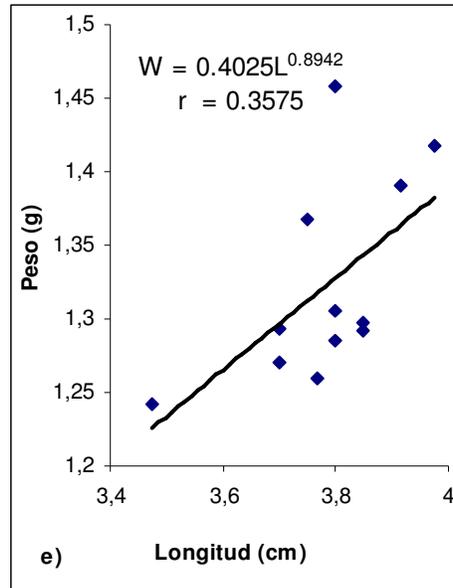


Fig. 24. Modelos de la relación Peso-Longitud de las hembras de *Poecilia reticulata* para cada uno de los tratamientos con carnitina en 30 g de alimento comercial, a) grupo control, b) 60 mg, c) 120 mg, d) 180 mg y e) 240 mg.

Tabla 16. Valor de las pendientes y tipo de crecimiento obtenidos de la relación Peso-Longitud, realizada a cada tratamiento con carnitina.

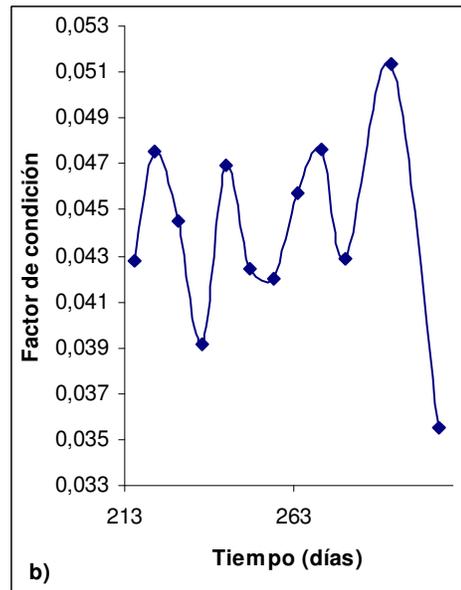
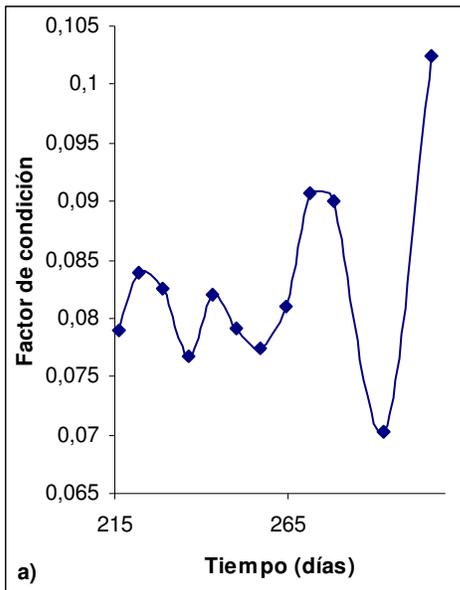
Concentración de carnitina en 30 g de alimento	Valor de la pendiente	Tipo de crecimiento
Grupo control	-0.7202	Alométrico
60 mg	0.9034	Alométrico
120 mg	2.0746	Alométrico
180 mg	-1.394	Alométrico
240 mg	0.8942	Alométrico

La condición y/o “bienestar fisiológico” que presentaron los peces se presenta en la Tabla 17 y se observa en la figura 25. De manera general se puede decir que las hembras sometidas al tratamiento de 240 mg de carnitina estuvieron durante toda la experimentación en mejores condiciones fisiológicas (0.091), seguido del tratamiento de 180 mg (0.085), el grupo control y 180 mg (0.083) y el tratamiento que presentó el factor de condición más bajo fue el de 60 mg (0.044). Cabe

señalar que las hembras del tratamiento de 180 mg de carnitina concluyeron su proceso reproductivo a los 259 días.

Tabla 17. Factor de condición promedio para cada uno de los tratamientos con carnitina durante 313 días de experimentación.

Concentración de carnitina en 30 g de alimento	Factor de condición
Grupo control	0.083
60 mg	0.044
120 mg	0.083
180 mg	0.085
240 mg	0.091



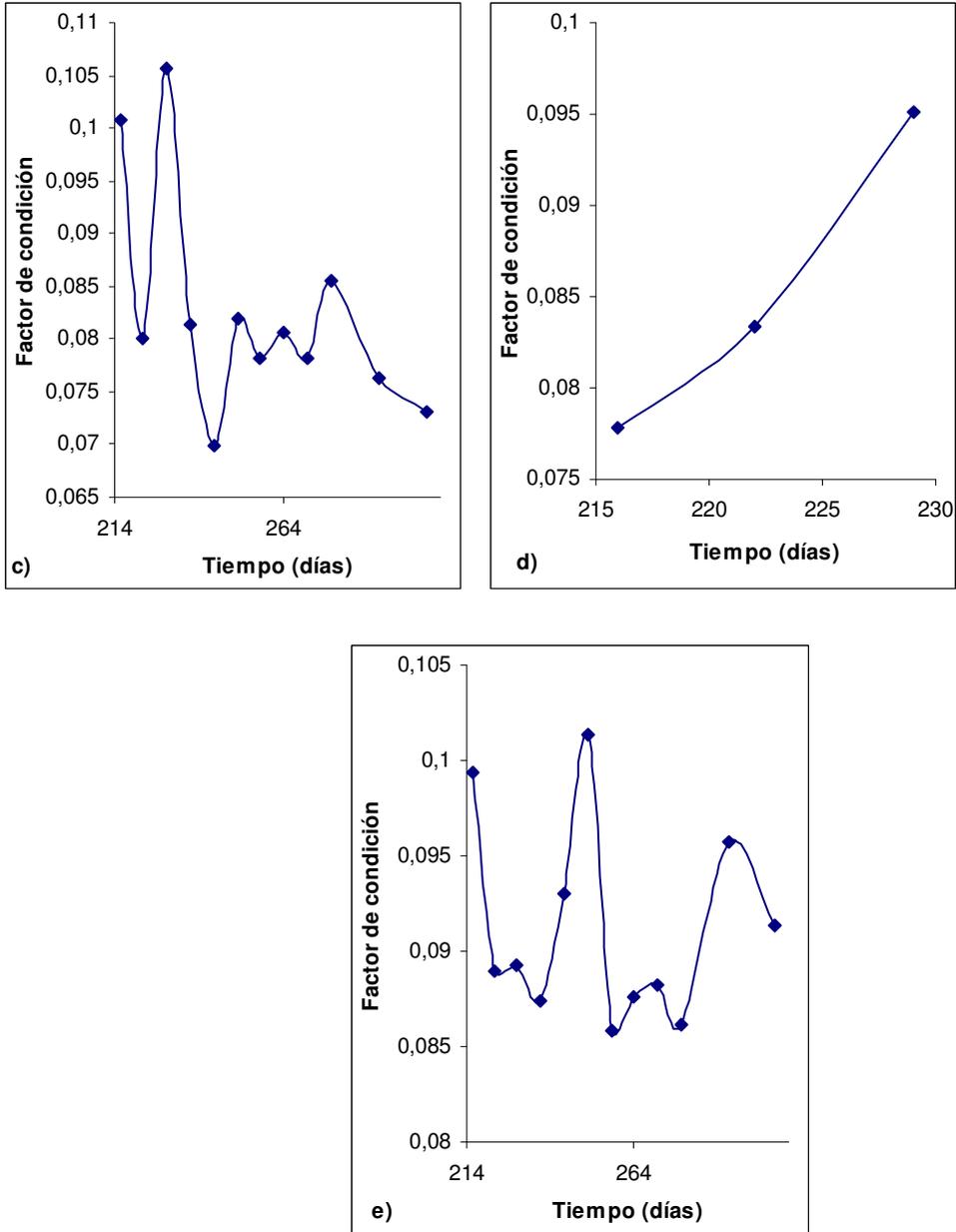


Fig. 25. Factor de condición de las hembras de *Poecilia reticulata* para cada uno de los tratamientos con carnitina en 30 g de alimento comercial, a) grupo control, b) 60 mg, c) 120 mg, d) 180 mg y e) 240 mg.

DISCUSIÓN

El grupo control y el tratamiento de 120 mg presentaron la mayor cantidad de crías con 31 cada uno y al no existir diferencias significativas entre ambos, se puede decir, que la administración de la L-Carnitina en la producción de crías de guppy, no tuvo un efecto positivo. La obtención de este resultado no era lo esperado, a pesar de existir pocas investigaciones que han involucrado aspectos productivos en peces como son los de Dzikowski *et al.* (2001), Ming *et al.* (2005) y Durán (2006), pues al tener un buen crecimiento, era de suponerse que las hembras deberían de llegar al estado de madurez y por lo tanto presentar una reproducción efectiva, pues en otros animales si se ha probado un efecto positivo, como lo mencionan Sarica *et al.* (2007), Rezaei *et al.* (2007) y Sarica (2008) y de ahí el objetivo de este trabajo, de determinar el efecto de L-Carnitina sobre la producción.

El resultado obtenido en esta investigación, concuerda con lo publicado por Dzikowski *et al.* (2001), que evaluaron la reproducción del guppy, concluyendo que la administración de L-Carnitina no tuvo un efecto significativo en el número de crías. Al igual que Dias *et al.* (2001), que concluyen que la administración de L-Carnitina para reducir el depósito de grasa en tejidos del robalo *Dicentrarchus labrax* no resultó adecuada y por ende en la reproducción.

Estos resultados son probablemente debido a dos factores principales, que son los aspectos ambientales y la alimentación que determinan la reproducción de los peces y por ende en su fecundidad o fertilidad, que en el caso del guppy por ser una especie ovovivípara, se considera como el número de crías producidas por una hembra a la largo de un año (Blaxter, 1969; Lagler *et al.*, 1984, Villegas, 2005) y que en el caso de los guppys oscila de 10 a 50 crías por ciclo reproductivo siendo en la presente experimentación, el número más alto de crías de 31, resultado que cae en el intervalo antes mencionado.

En el caso de las características ambientales a las que estuvieron sometidas los peces durante el experimento y que pudieron haber afectado el efecto de la L-Carnitina, en este trabajo las variables consideradas como temperatura, oxígeno disuelto y el pH, fueron controladas y mantenidas dentro de las exigencias propias de la especie, por lo tanto, se puede asegurar que no tuvieron influencia sobre los resultados obtenidos, ya que de acuerdo a Dzikowski *et al.* (2001), establecen que la temperatura en la que se obtiene una óptima reproducción en el guppy es de 25 a 27 °C, y durante la experimentación estuvieron a 26 °C. Sandford (1996) y Villegas (2005) mencionan que el pH adecuado está entre 7.0 y 8.5 y en el experimento estuvieron a 8.2 en promedio, con una dureza de 4-30^o dH y con respecto a oxígeno disuelto, los peces no sobreviven por abajo de 2ml/L y adecuadamente sin ser estresante, en concentraciones por arriba de 4ml/L, en este experimento estuvieron en aguas sobresaturadas de 7.4 ml/L (Tabla 5).

Por lo antes mencionado, los resultados obtenidos en este experimento son debidos a la biología de la especie y principalmente a sus características del desarrollo de vida de las hembras que en párrafos siguientes se explicarán.

Diversos autores (Pope *et al.*, 1961; Nikolsky, 1963; Bagenal, 1966 y Villegas, 2005) mencionan que existe una marcada tendencia que relaciona de manera inversa a la fertilidad con el tamaño de los huevos o de las crías producidas, es decir, que si la fertilidad es alta, las crías o los huevos tendrán tamaños y pesos bajos y si la fecundidad es baja, los huevos o las crías tendrán tamaños y pesos mayores. En la presente investigación, se puede observar esta tendencia, ya que en las concentraciones de 120 mg y control donde se presentaron el mayor número de crías (31), coincide los menores pesos (0.007 y 0.008 g) y las menores longitudes (0.65 y 0.67 cm). En el caso de los tratamientos donde se presentaron el menor número de crías (180 y 240 mg), el efecto es muy evidente en la concentración de 240, ya que es donde se registró el peso y longitud promedio más altos y con diferencias significativas entre este tratamiento contra todos los demás. Hester (1963) y Villegas (2005), mencionan que los guppys al nacer,

presentan una longitud de 0.6 a 1 cm y los resultados aquí obtenidos en todos los tratamientos se encuentran dentro de ese intervalo, siendo las más baja de 0.65 cm y la más alta de 0.69 cm y en cuanto a peso, osciló entre 0.007 a 0.009 g. Sin embargo, estos resultados son coherentes a lo que la bibliografía menciona, debido a que se observa la tendencia de tener pocas crías de mayor tamaño o más crías, pero estas fueron más pequeñas.

Cuando se habla de producción de peces, es muy importante referirse a la sobrevivencia, ya que es en ésta en donde radica el éxito en el cultivo de estos organismos. De acuerdo a los resultados obtenidos se puede mencionar que el mejor tratamiento fue el de 60 mg con un 52.63% de sobrevivencia en comparación con el grupo control el cual mostró el porcentaje más bajo de sobrevivencia con un 36.84%, por lo que se puede afirmar existe un efecto positivo de la L-Carnitina a nivel producción, ya que lo más importante es que todos los organismos o la mayor parte de ellos alcance la talla comercial.

A pesar de no encontrar un efecto positivo en el incremento en la producción de crías, la presente investigación evidencia otros aspectos relevantes, ya que se determinó que al administrar L-Carnitina en las diferentes concentraciones, sí presentó efecto positivo en el crecimiento tanto en longitud como peso de las hembras reproductoras y con factores de correlación significativos, ya que el tratamiento de 60 mg presentó las tasas más altas de incremento en peso y longitud (0.0023 y 0.0059 en longitud y peso respectivamente), superando tres veces al grupo control (0.0008 y 0.0020) (Tabla 1 y 2). Estos resultados coinciden con varios autores que hablan de los beneficios que proporciona la utilización de este tipo de complementos o aditivos en el crecimiento, tales como Santulli & D'Amelio (1985, 1986), Chatzifotis & Takeuchi (1997), Schreiber *et al.* (1997), Keshavanath & Renuka (1998), Kheyyali & Tahari (1998), Schuhmacher & Gropp (1998), Becker *et al.* (1999), Twibell (2000), Dias *et al.* (2001), Monroy (2003), Harpaz (2005) y Ming *et al.* (2006).

Pope *et al.* (1961), Nikolsky (1963), Bagenal (1966) y Villegas (2005) mencionan que la fecundidad se incrementa si el peso y la longitud de las hembras también se incrementa. Aunque los resultados obtenidos en esta investigación no lo demostraron, ya que en el grupo control si bien, se presentó la mayor cantidad de crías, contaron con las tasas más bajas de crecimiento en peso y longitud, esto es debido, a que todas las hembras sujetas a experimentación con una concentración de carnitina en su dieta, no habían alcanzado su longitud y peso máximos, por lo cual, al incorporar L-Carnitina en su dieta, lo utilizaron como promotor de crecimiento, y quizá después alcanzar su madurez sexual y reproducirse a todo su potencial, lo cual no fue evidenciado durante los 313 días que duró la presente investigación, pues todas ellas incrementaron sus variables antes mencionadas.

Este planteamiento se puede comprobar de acuerdo a lo mencionado por Chow (1958), ya que menciona que la relación peso-longitud en los peces es un índice muy útil para evaluar numerosos aspectos relacionados con su crecimiento, sobre todo cuando los ejemplares son cultivados en condiciones controladas. El valor que define el tipo de crecimiento es de gran relevancia biológica, ya que el número cercano a 3 representa una proporcionalidad adecuada o isometría, desde el momento en que el crecimiento representa el aumento tridimensional del organismo, valores menores a 3 o alometría, representan una “desproporcionalidad”, es decir, se incrementa más la longitud que el peso (algunos autores la mencionan como alometría positiva) o épocas después del desove o nacimiento y valores mayores a 3, representan el estado adecuado y muy próximo a la reproducción (alometría negativa) (Ricker, 1975, Lagler, 1984); en este trabajo se obtuvo, que el crecimiento presentado por todas las hembras de *Poecilia reticulata* fue de tipo alométrico positivo a una confiabilidad del 95%, es decir, las hembras se dedicaron a crecer en longitud, antes de reproducirse a todo su potencial y ayudado significativamente por el efecto de la L-Carnitina, que demuestra su efectividad como promotor de crecimiento.

Dada la importancia que reviste el conocer el estado de los peces bajo determinadas condiciones, se hace necesario definir su condición en términos cuantitativos. El factor de condición reviste una gran importancia, ya que nos da una idea del estado físico del pez en términos numéricos (grado de bienestar, robustez, gordura), pudiendo así determinar si un pez bajo ciertas condiciones está más gordo o flaco que en otras (Medina, 1976). Las fluctuaciones de este parámetro dependen sobre todo del desarrollo sexual y del estado nutricional en el que se encuentren los organismos, así como el poder de conversión de los mismos (alimento ingerido/aumento en peso) (Steffens, 1987). En lo que respecta a esta investigación, las hembras que se encontraron en mejores condiciones, según el valor del factor de condición, fueron las del tratamiento de 120 mg (0.101), siguiéndole las del tratamiento de 240 mg (0.092) y las hembras del tratamiento de 60 mg presentaron el valor más bajo de factor de condición (0.044), que fueron contradictoriamente a lo planteado, las que presentaron las mayores tasas de crecimiento en longitud y peso.

Al obtener los tres nacimientos, que en su momento iban a ser considerados como réplicas, se evidenció que a pesar de ser las mismas hembras, estas se comportaron biológicamente hablando diferentes, por lo anterior, se presentaron y analizaron en la sección de resultados por separado los tres procesos de nacimiento y donde se puede observar que las hembras o cualquier ser vivo durante su ciclo de vida, se comporta diferente, debido a que pasan por diversas etapas y aclimataciones, las cuales las hacen comportarse de forma distinta, dependiendo de los cambios ambientales o por su misma fisiología durante su vida. Esto se confirma, porque las hembras del tratamiento de 180 mg de carnitina iniciaron su tercer proceso reproductivo al 227avo día de experimentación y lo terminaron al día 229 utilizando sólo 2 días, mientras que los demás tratamientos empezaron su tercer proceso reproductivo el día 278 de la experimentación y terminaron hasta el día 313 de la experimentación, utilizando 35 días para ello. Por lo anterior, se puede inferir, que las hembras sometidas a 180 mg de L-Carnitina, presentaron una aceleración del tercer proceso reproductivo, ya que al

pasarlas a las peceras de maternidad solo pasaron dos días para que nacieran las crías, mientras que en los demás tratamientos no fue tan corto el lapso de nacer.

Durante el primer nacimiento el grupo control y la concentración de 120 mg fueron las que tuvieron mayor número de crías promedio por hembra con 31 y 30 respectivamente, la concentración en la que se presentó la menor cantidad de crías fue la de 180 mg. En el caso del peso promedio de las crías el grupo control y la concentración de 240 mg presentaron el mismo valor de 0.009 g y por debajo de este valor los otros tratamientos. Sin embargo, no existieron diferencias significativas entre los pesos promedio ($0.15 > 0.05$). En lo que se refiere a longitud promedio de las crías el valor más alto lo obtuvo la concentración de 240 mg con 0.70 cm por arriba del grupo control y la concentración de 120 mg con 0.68 cm, el valor más bajo lo presentaron las crías de la concentración de 60 mg. Sin embargo, no existieron diferencias significativas entre la longitud promedio ($0.67 > 0.05$). En general se puede mencionar que las crías más grandes y pesadas son las de la concentración de 240 mg. Las crías que nacieron en menor número tuvieron mayor peso y longitud que las que nacieron en mayor cantidad. Energéticamente se comprende esta situación ya que tomando en cuenta que en los nacimientos múltiples el tamaño de los productos es menor que cuando solo es un producto.

Estos resultados favorables coinciden con los registrados por Durán (2006), que evaluó el efecto conjunto de la L-Carnitina y lecitina de soya como complemento alimenticio en la reproducción del guppy (*Poecilia reticulata*) concluyendo que el tratamiento de 350 g de lecitina de soya por kilo de alimento + 2 g de L-Carnitina fue el mejor ya que favoreció la producción de crías de guppy, además registró la mayor tasa promedio de embriones, el mayor tamaño promedio de los elementos de la gónada y un registro de nacimiento en un periodo menor al de los demás tratamientos (de 28 a 30 días aproximadamente respecto a los otros tratamientos que fue de 49 días). Esta concentración además mostró el desarrollo favorable en la maduración gonádica que conlleva a una mejor producción de crías.

En cuanto al incremento en longitud de las hembras reproductoras, la mejor concentración fue la de 180 mg con 0.0070 superior al grupo control que presentó tasa de crecimiento de 0.0017 cm, el incremento en longitud más bajo lo presentó la concentración de 120 mg con 0.0001. Respecto al incremento en peso de las hembras la mejor concentración fue la de 120 mg con 0.0195 g, superando al grupo control con 0.0087 y el menor incremento se presentó en la concentración de 60 mg con 0.0046 g.

El tipo de crecimiento que presentó el grupo control y la concentración de 120 mg de carnitina fue de tipo isométrico, es decir aumentaron tanto en peso como en longitud. Las concentraciones de 60, 180 y 240 mg de carnitina presentaron crecimiento de tipo alométrico, es decir los peces aumentaron más en longitud que en peso. Con respecto al factor de condición, el tratamiento que presentó la mejor condición fue 120 mg y el que presentó el valor más bajo fue el tratamiento de 60 mg.

Durante el segundo nacimiento el patrón antes descrito cambió significativamente, ya que la mejor concentración en cuanto a número de crías fue el grupo control con 51 crías seguido de la concentración de 60 mg con 28 crías por hembra, el menor número de crías se presentó en la concentración de 180 mg con 14. Estadísticamente hablando, no existieron diferencias significativas entre el número de crías ($0.24 > 0.05$). Sin embargo, las crías de la concentración de 240 mg fueron las más grandes y las más pesadas.

En cuanto al incremento en longitud de las hembras reproductoras, la mejor concentración fue la de 60 mg con 0.0055 superior al grupo control que presentó crecimiento de 0.0008, el incremento en longitud más bajo lo presentó la concentración de 180 mg con -0.0003 cm. Respecto al incremento en peso de las hembras la mejor concentración fue la de 60 mg con 0.0134, superando al grupo control con 0.0005 y el menor incremento se presentó en la concentración de 180

mg con -0.0029 . En general, el tipo de crecimiento que presentaron las hembras fue de tipo alométrico. Con respecto al factor de condición, el tratamiento que presentó la mejor condición fue 240 mg y el que presentó el valor más bajo fue el tratamiento de 60 mg, sin embargo, también fue en este tratamiento en el que las hembras presentaron las mayores tasas de crecimiento exponencial tanto en peso como en longitud.

Durante el tercer nacimiento la mejor concentración en cuanto a número de crías fue la de 120 mg con 37 crías pero de estas las más grandes y pesadas fueron en la concentración de 240 mg.

En cuanto al incremento en longitud de las hembras reproductoras, la mejor concentración fue la de 60 mg con 0.0009 superior al grupo control que presentó crecimiento de -0.0004 . El incremento en longitud más bajo lo presentó la concentración de 240 mg con $-7E^{-05}$. Respecto al incremento en peso la mejor concentración fue la de 180 mg con 0.0062 , superando al grupo control con 0.0005 y el menor incremento se presentó en la concentración de 240 mg con -0.0004 . El tipo de crecimiento que presentaron las hembras fue de tipo alométrico. Con respecto al factor de condición, el tratamiento que presentó la mejor condición fue 240 mg y el que presentó el valor más bajo fue el tratamiento de 60 mg, sin embargo también fue en este tratamiento en el que las hembras presentaron la mayor tasa de crecimiento en longitud. En los tres nacimientos, las bases teóricas, fueron expuestas en la parte inicial de la discusión.

Finalmente, en los procesos de producción comercial, un aspecto relevante es el tema de los costos de producción, que de por sí son altos, principalmente por lo invertido en la alimentación, éstos se incrementan cuando se adicionan aditivos o promotores de crecimiento. En el caso de la L-Carnitina es cara, ya que un frasco con 30 cápsulas de 1 mg cuesta \$ 400.°, lo que si se utiliza a nivel comercial, el costo de la producción se incrementaría, además de que si se usa para estimular

la producción de las crías, pues como se evidenció en la presente investigación, pues no convendría su uso, pero si para estimular el crecimiento de los individuos.

Se han probado otros aditivos a la dieta de peces comerciales, más baratos e igual de efectivos para crecimiento e inclusive para la reproducción, como lo es la utilización del complemento lecitina de soya. Villegas (2005), demostró un efecto positivo en la producción de crías adicionando 0.675 g de lecitina de soya a dieta comercial con hembras de guppy. También se obtuvo un efecto positivo en el crecimiento con una concentración de 17.5 mg de lecitina de soya en dieta comercial tanto al guppy (Perea, 2004), como en alevines de carpa *Cyprinus carpio rubrofuscus* (González, 2003). Durán (2006), estudió el efecto de una dieta conjunta de lecitina de soya y L-Carnitina sobre la reproducción de guppy. Concluyendo que hubo un efecto positivo al usar la concentración de 350 g de lecitina + 2 g de L-Carnitina encontrando que aumentó la tasa de producción de elementos de la gónada y registró un nacimiento en un período menor al de los otros tratamientos de 28 días comparado con 49 días que estaban reportados. Con esta ventajas de la lecitina de soya tanto en producción como crecimiento, es de resaltarse el costo de este complemento, ya que un frasco de 100 cápsulas, cuesta \$ 280.00, de esta forma, resulta más costosa la utilización de L-Carnitina en la investigación que de lecitina de soya y el uso de alguno de éstos, dependerá del investigador y/o el productor.

CONCLUSIONES

La administración de la L-Carnitina no tuvo un efecto positivo en la producción de crías del guppy *Poecilia reticulata*.

El tratamiento de 120 mg de L-Carnitina en 30 g de alimento comercial y el control, presentaron la mayor cantidad de crías.

Las crías de mayor tamaño y peso promedio, se registraron, en el tratamiento de menor número de crías, que fue de 240 mg de L-Carnitina en 30 g de alimento comercial.

Los parámetros fisicoquímicos como temperatura, pH y oxígeno disuelto, no tuvieron influencia sobre los resultados en la producción, ya que estuvieron debidamente controlados en los intervalos óptimos para el proceso.

La L-Carnitina, tuvo un efecto positivo en el crecimiento tanto en longitud como peso, por lo cual se confirma su efecto como promotor en el crecimiento de aquellos peces que no hubieran alcanzado su peso y longitud máxima.

Las hembras del tratamiento de 60 mg presentaron la mayor tasa de incremento tanto en longitud como en peso.

Tanto el grupo control como los tratamientos presentaron un crecimiento de tipo alométrico.

En lo que respecta al factor de condición las hembras que se encontraron en mejores condiciones fueron las del tratamiento de 120 mg.

RECOMENDACIONES

Se recomienda experimentar L-Carnitina en peces que hayan alcanzado su madurez sexual, talla y peso máximos, para que sea utilizada por el organismo en la producción de crías, ya que al no tener esta consideración, los peces la utilizarán como promotor de crecimiento, enmascarando su posible utilidad en la producción.

Se recomienda utilizar las concentraciones empleadas en el presente experimento, con peces guppy que hayan alcanzado su peso y longitud máximos, pero con estanquerías comerciales y en ambientes naturales, ya que los resultados aquí reportados corresponden a bioensayos y con ello, corroborar los resultados proporcionados por la presente investigación. Si no concuerda con lo presentado por esta investigación, se deberán realizar los ajustes correspondientes.

Una vez concluido y correlacionado el bioensayo con estanquerías comerciales, determinar los costos invertidos con el uso de la L-Carnitina con otros aditivos o complementos en la dieta de peces sujetos a producción comercial y que sirvan como peces de ornato.

REFERENCIAS

- Bagenal, T. B. 1966. The ecological and geographical aspects of the fecundity of plaice. *J. Marine Biol. Assoc. U. K.* (46): 161-186.
- Becker, K., S. Schreiber, C. Angoni, & R. Blum. 1999. Growth performance and feed utilization response of *Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus* hybrids to L-carnitine measured over a full fattening cycle under commercial conditions. *Aquaculture* 174 (1999): 313-322.
- Blaxter, J. H. S. 1969. Development : Eggs and larvae. 178-241. Hoar, W. S. y Randall, D. J. (Eds.). 1969. *Fish physiology*. Academic Press, London. 354 p.
- Chatzifotis, S. & T. Takeuchi. 1997. Effect of supplemental carnitine on body weight loss, proximate and lipid compositions and carnitine content of red sea bream (*Pagrus major*) during starvation. *Aquaculture* 158 (1997): 129-140.
- Chow, T. 1958. Growth characteristics of four species of pondfish in Hong Kong. *Fisheries Journal*, (2): 29-36.
- Coll, M.J. 1991. *Acuicultura marina animal*. 3ª ed. Mundi Prensa. Madrid. 314-326 p.
- Corduk, M., & Sarica, S. 2008. Effects of L-Carnitine in layer diets containing different fat sources and energy levels on hen performance and egg quality. *South African Journal of Animal Science*, 38 (3): 260-270.
- Daniel, W.W. 2004. *Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud*. Limusa. México, 910 p.
- Dias, J., J. Arzel, G. Corraze, & J. Kaushik. 2001. Effects of dietary L-Carnitine supplementation on growth and lipid metabolism in European seabass *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture Research* 32 (1): 206-215.
- Durán, N. A. 2006. *Efecto de la L-Carnitina y lecitina de soya como complemento alimenticio en la reproducción de Poecilia reticulata (guppy)*. Tesis de licenciatura, F.E.S. Iztacala, México, 51 p.
- Dzikowski, R., G. Hulata, I. Karplus & S. Harpaz. 2001. Effect of temperature and dietary L-Carnitine supplementation on reproductive performance of female guppy *Poecilia reticulata*. *Aquaculture* 199 (3-4): 323-332.
- Fabre, H. 1990. *El acuario, instalación, conservación, peces*. Daimon Mexicana S.A. México. 46 p.
- González, R. I., 2003. *Evaluación del efecto de la lecitina de soya en el desarrollo de alevines de la carpa cyprinus carpio rubrofusus*. Tesis de licenciatura, F.E.S. Iztacala, México, 45 p.
- Harpaz, S. 2005. L-Carnitine and its attributed functions in fish culture and nutrition- a review. *Aquaculture* 249 (x): 3-21.

- Hepher, B. & Y. Pruginin. 1991. *Cultivo de peces comerciales, basado en las experiencias de las granjas piscícolas en Israel*. Limusa. México. 40 p.
- Hester, F. J. 1963. Effects of body supply of fecundity in the female guppy *Lebistes reticulatus* (Peters). *J. Fisheries Res. Board Can.* (21): 757-764.
- Johansen, P.H. & Cross, J.A. 1980. Effects of sexual maturation and sex steroid hormone treatment on the temperature preference of the guppy, *Poecilia reticulata* (Peters). *Can. J. Zool.* 58: 586-588.
- Keshavanath, P. & P. Renuka. 1998. Effect of dietary L-Carnitine supplements on growth and body composition of fingerling rohu, *Labeo rohita* (Hamilton). *Aquaculture Nutrition* 4 (2): 83-87.
- Kheyyali, D. & S. Tahari. 1998. Effect of supplemental dietary carnitine on growth and body composition of the rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Fisheries Society of Africa*. pp 13-18.
- Lagler, K. F., Bardach, J. E., Miller, R. R. y May Passino, D. R. 1984. *Ictiología*. AGT Editor. México, D. F. 5-6 p.
- Lehninger, A. L. 1995. *Bioquímica, las bases moleculares de la estructura y función celular*. 2ª edición. Omega, S.A. Barcelona. 1117 p.
- Medina, G. M. 1976. El factor de condición múltiple (KM) y su importancia en el manejo de poblaciones de carpa de Israel (*Cyprinus carpio specularis*). 1. Hembras en estado de madurez V (Nikolsky, 1963). *Memorias del Simposio sobre pesquerías en aguas continentales tomo I*. Tuxtla Gutiérrez. México, 207-217 p.
- Ming, Z.D., T. Yoshimatsu & M. Furuse. 2005. Effects of L-Carnitine enrichment on the population growth, egg ratio and body size of the marine ratifer, *Brachionus rotundiformis*. *Aquaculture* 248 (2005): 51-57.
- Ming, Z.D., T. Yoshimatsu & M. Furuse. 2006. The presence of endogenous L-carnitine in live foods used for larviculture. *Aquaculture* 255 (2006): 272-278.
- Monroy, E.H. 2003. *Utilización de L-Carnitina como promotor de crecimiento en Poecilia reticulata (Guppy)*. Tesis de licenciatura, F.E.S. Iztacala, México. 34 p.
- Nikolsky, G. V. 1963. *The ecology of fishes*. Academic Press, New York. 352 p.
- Perea, A. L. 2004. *Efecto de la lecitina de soya en el crecimiento de crías de guppy (Poecilia reticulata)*. Tesis de licenciatura, F.E.S. Iztacala, México. 52 p.
- Pope, J.A., Mills, D. H. & Shearer, W. M. 1961. The fecundity of Atlantic salmon *Salmo salar*. *Freshwater Salmon Fisheries Res. Scotland* (26): 1-12.
- Rezaei, M., Attar, A., Ghodrathnama, A., & Kermanshashi, H. 2007. Study the effects of diferent levels of fat and L-Carnitine on performance, carcass characteristics and serum composition of Broiler chicks. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 10 (12): 1970-1976.

- Ricker, W.E. 1975. *Computation and interpretation of biological statistics of fish populations*. Department of environment fisheries and marine service, Bull. Fish. Res. Board. Canadá, 191,382 p.
- Rodríguez, G.M. 1992. *Técnicas de evaluación cuantitativa de la madurez gonádica en peces*. A.G.T. Editor. México. 79 p.
- Sandford, G. 1996. *Peces de acuario*. Omega. Barcelona, España. 256 p.
- Santulli, A. & V. D'Amelio. 1985. L-Carnitine levels distribution in fish tissues and its effect on the growth of *Dicentrarchus labrax fry*. *Oebalia. Taranto oebalia. Journal Fish Biology* 11 (1): 69-71.
- Santulli, A. & V. D'Amelio. 1986. The effects of carnitine on the growth of sea bass, *Dicentrarchus labrax L., fry*. *Journal Fish Biology* 28 (1): 81-86.
- Sarica, S., Corduk, M., Ensoy, U., Basmacioglu, H., & Karatas, U. 2007. Effects of dietary supplementation of L-carnitine on performance, carcass and meat characteristics of quails. *South African Journal of Animal Science*, 37 (3): 189-201.
- Schuhmacher, A. & J.M. Gropp. 1998. Carnitine a vitamin for rainbow trout. *J. Appl. Ichthyol.* 14 (1-2): 87-90.
- Schliewen, U. 1991. *Todo sobre tu acuario*. 2^a ed. Everest. España. 163 p.
- Schreiber, S., K. Becker, V. Bresler, & L. Fishelson. 1997. Dietary L-Carnitine protects the gills and skin of Guppies (*Poecilia reticulata*) against anionic xenobiotics. *Comp. Biochem. Physiol.* 117 C (1): 99-102.
- Shim, K.F. 1991. Some studies on the protein requirement of the guppy *Poecilia reticulata*. *Journal of Aquaculture and Aquatic Science*. 4: 79-84.
- Steffens, W. 1987. *Principios fundamentales de la alimentación de los peces*. Acribia. España. 275 p.
- Twibell, R.G. 2000. Effects of dietary carnitine on growth rates and body composition of hybrid striped bass *Morone saxatilis* male x *Morone chrysops* female. *Aquaculture* 187: 153-161.
- Villegas, P. I. 2005. *Efecto de la lecitina de soya sobre la reproducción del guppy (Poecilia reticulata)*. Tesis de licenciatura, F.E.S. Iztacala, México. 60 p.
- Wootton, R.J. & Potts, G.W. 1984. *Fish Reproduction: Strategies and Tactics*. Academic Press. London. 410 p.
- Zar, J.H. 1996. *Bioestadística análisis*. 3^a Ed. Prentice-Hall, Upper Saddle River. New York. 416 – 420 p.

REFERENCIAS DE INTERNET

Alpízar, R. E. M. 2004. L-carnitina. [http://www.pronat.com.mx/Temas/que_es_l-carnitina_61.htm]

Leibivitz B.E. 1993. L-Carnitina. Lonza [http://www.pronat.com.mx/Temas/que_es_l-carnitina_61.htm]

Sinatra, S. T.1999. L-Carnitine and the Heart. Ed. Keats Publishing. Los Angeles.
[http://www.pronat.com.mx/Temas/que_es_l-carnitina_61.htm]

[[http:// www.alfabeta.net/consultas/consultas-suplementos. xtp](http://www.alfabeta.net/consultas/consultas-suplementos.xtp)]

APÉNDICE

FAMILIA DE LOS CIPRINODÓNTIDOS

Según Fabre 1990 esta gran familia está ampliamente distribuida por todos los continentes a excepción de Australia. Se divide en dos grupos: el primero formado por los ciprinodóntidos vivíparos llamados poecílicos, y el segundo grupo integrado por los ovíparos.

Familia de los Poecílicos

Algunas clasificaciones les consideran como una subfamilia denominada ciprinodóntidos vivíparos. Estos peces se encuentran exclusivamente en América: desde el sur de los Estados Unidos hasta más debajo de la cuenca del Amazonas.

Como consecuencia de su viviparidad, la aleta anal de los machos se vuelve muy alargada y puntiaguda cuando el pez alcanza su madurez. Esta aleta se transforma en un miembro copulador y se conoce con el nombre de "gonopodio".

Todos los miembros de esta familia son muy activos y nadan graciosamente. Los machos, muy fogosos, persiguen a las hembras en un asiduo cortejo. Estas últimas son fecundadas en un acto muy breve y esta fecundación les sirve para varios partos. En las especies cuya pigmentación no es demasiado oscura es posible determinar la fecha del parto gracias a la progresión de la mancha sombreada visible debajo del abdomen. El nacimiento de los alevines se produce gracias a unas contracciones que, algunas veces, parecen ser dolorosas para la madre. Apenas pasados los primeros momentos del aturdimiento, los alevines son ya capaces de nadar y buscar un refugio que les resulta indispensable, ya que los padres se muestran muy deseosos de devorar a su progenie. En este grupo se encuentran los guppies.

El guppy en cuanto a su reproducción, no resulta costoso. Se desarrolla generalmente en tres meses, cualquier prolongación en este sentido ha de considerarse anormal.

Para obtener individuos aceptables hay que utilizar un acuario que puede ser inferior a 50 cm (para los guppy), agua del grifo calentada por encima de los 20° C, una capa de arena con algunas plantas. Una vez comprobado el nacimiento, ya por la presencia de los alevines, ya por el adelgazamiento observado en la madre, conviene retirar ésta última antes de que decida comerse a sus hijos. Los recién nacidos pueden alimentarse con cualquier alimento finamente pulverizado - de ser posible enriquecido- en especial si en el acuario hay algas, cosa muy conveniente. A lo largo de su crecimiento se les distribuye una alimentación variada, de acuerdo con su tamaño (Fabre, 1990).

Las crías maduran en los huevos dentro del claustro materno, eclosionan allí también y luego "nacen".

La mayoría de los peces vivíparos son peces de cardumen, por eso deben vivir siempre varios ejemplares de una especie en el acuario. También deberá haber más hembras que machos, para que estos no se agraden entre sí, ni acosen demasiado a las hembras. Se recomiendan acuarios con densa población en los laterales y mucho espacio libre para nadar. Para la mayoría de las especies es importante añadir forraje a la comida (Schliewen, 1991).

Con algunas excepciones, los peces vivíparos suelen encontrarse a gusto en agua semidura a dura y alcalina (pH 7-7.8). Es muy importante cambiar el agua con regularidad. La mayoría de los peces vivíparos conviven sin problemas con otros peces de cardumen vivaces (siluros y cíclidos no muy grandes).

La manera de comportarse durante el celo se puede observar muy bien en el acuario. Los machos, que están en celo casi siempre, nadan inquietos alrededor de las hembras, a menudo con movimientos falciformes. Si hay varios machos en

el acuario, se establece en seguida un orden de prioridad: el de mayor rango expulsa al de segundo rango, este al de tercer rango y así sucesivamente.

Como los alevines de los peces vivíparos buscan comida por sí solos nada más nacen y son, en cierto modo, bastante grandes, pueden ser criados algunos de ellos en un acuario comunitario poco poblado. Lo importante es añadir alimentos pequeños nada más llegan las crías. Para poder criar todos los alevines de una camada, se pondrá la hembra preñada en un tanque para el desove o en un acuario propio.

Como los padres de algunas especies persiguen a su propia prole, se trasladarán los alevines a un tanque especial, donde se les criará a base de pequeños crustáceos y alimentos secos molidos (Schliewen, 1991).

APÉNDICE

FAMILIA DE LOS CIPRINODÓNTIDOS

Según Fabre 1990 esta gran familia está ampliamente distribuida por todos los continentes a excepción de Australia. Se divide en dos grupos: el primero formado por los ciprinodóntidos vivíparos llamados poecílicos, y el segundo grupo integrado por los ovíparos.

Familia de los Poecílicos

Algunas clasificaciones les consideran como una subfamilia denominada ciprinodóntidos vivíparos. Estos peces se encuentran exclusivamente en América: desde el sur de los Estados Unidos hasta más debajo de la cuenca del Amazonas.

Como consecuencia de su viviparidad, la aleta anal de los machos se vuelve muy alargada y puntiaguda cuando el pez alcanza su madurez. Esta aleta se transforma en un miembro copulador y se conoce con el nombre de "gonopodio".

Todos los miembros de esta familia son muy activos y nadan graciosamente. Los machos, muy fogosos, persiguen a las hembras en un asiduo cortejo. Estas últimas son fecundadas en un acto muy breve y esta fecundación les sirve para varios partos. En las especies cuya pigmentación no es demasiado oscura es posible determinar la fecha del parto gracias a la progresión de la mancha sombreada visible debajo del abdomen. El nacimiento de los alevines se produce gracias a unas contracciones que, algunas veces, parecen ser dolorosas para la madre. Apenas pasados los primeros momentos del aturdimiento, los alevines son ya capaces de nadar y buscar un refugio que les resulta indispensable, ya que los padres se muestran muy deseosos de devorar a su prole. En este grupo se encuentran los guppies.

El guppy en cuanto a su reproducción, no resulta costoso. Se desarrolla generalmente en tres meses, cualquier prolongación en este sentido ha de considerarse anormal.

Para obtener individuos aceptables hay que utilizar un acuario que puede ser inferior a 50 cm (para los guppy), agua del grifo calentada por encima de los 20° C, una capa de arena con algunas plantas. Una vez comprobado el nacimiento, ya por la presencia de los alevines, ya por el adelgazamiento observado en la madre, conviene retirar ésta última antes de que decida comerse a sus hijos. Los recién nacidos pueden alimentarse con cualquier alimento finamente pulverizado - de ser posible enriquecido- en especial si en el acuario hay algas, cosa muy conveniente. A lo largo de su crecimiento se les distribuye una alimentación variada, de acuerdo con su tamaño (Fabre, 1990).

Las crías maduran en los huevos dentro del claustro materno, eclosionan allí también y luego "nacen".

La mayoría de los peces vivíparos son peces de cardumen, por eso deben vivir siempre varios ejemplares de una especie en el acuario. También deberá haber más hembras que machos, para que estos no se agraden entre sí, ni acosen demasiado a las hembras. Se recomiendan acuarios con densa población en los laterales y mucho espacio libre para nadar. Para la mayoría de las especies es importante añadir forraje a la comida (Schliewen, 1991).

Con algunas excepciones, los peces vivíparos suelen encontrarse a gusto en agua semidura a dura y alcalina (pH 7-7.8). Es muy importante cambiar el agua con regularidad. La mayoría de los peces vivíparos conviven sin problemas con otros peces de cardumen vivaces (siluros y cíclidos no muy grandes).

La manera de comportarse durante el celo se puede observar muy bien en el acuario. Los machos, que están en celo casi siempre, nadan inquietos alrededor de las hembras, a menudo con movimientos falciformes. Si hay varios machos en

el acuario, se establece en seguida un orden de prioridad: el de mayor rango expulsa al de segundo rango, este al de tercer rango y así sucesivamente.

Como los alevines de los peces vivíparos buscan comida por sí solos nada más nacen y son, en cierto modo, bastante grandes, pueden ser criados algunos de ellos en un acuario comunitario poco poblado. Lo importante es añadir alimentos pequeños nada más llegan las crías. Para poder criar todos los alevines de una camada, se pondrá la hembra preñada en un tanque para el desove o en un acuario propio.

Como los padres de algunas especies persiguen a su propia prole, se trasladarán los alevines a un tanque especial, donde se les criará a base de pequeños crustáceos y alimentos secos molidos (Schliewen, 1991).