



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA**

**EFECTO DE LA LECITINA DE SOYA
SOBRE LA REPRODUCCIÓN DEL GUPPY
(*Poecilia reticulata*)**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
B I Ó L O G O
P R E S E N T A :
I V Á N R A Ú L V I L L E G A S P É R E Z

**DIRECTORA:
BIOL. ASELA RODRÍGUEZ VARELA**

**ASESOR:
M. EN C. ADOLFO CRUZ GÓMEZ**



Ecología
de Peces

LOS REYES IZTACALA, ESTADO DE MÉXICO,

2005



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 se realizó en el laboratorio de Ecología de Peces de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, a cargo del M. en C. Adolfo Cruz Gómez y la Biol. Asela Rodríguez Varela, institución a la que le agradezco su colaboración y apoyo.



DEDICATORIAS

A mis padres Raúl Villegas y Ma. Teresa Pérez, por su amor y comprensión, por que siempre me han demostrado que puedo contar con ustedes, por su confianza y por su apoyo, ya que es gracias a ustedes que hoy estoy alcanzando una meta muy importante en mi vida. Los quiero mucho.

A mis hermanos: Isela, Irela Diana, Omar y Emmanuel, por soportarme durante todo este tiempo, pero también por apoyarme e impulsarme a salir adelante, porque de alguna manera ustedes formaron parte de ese motor que me impulsó a completar esta etapa de mi vida. A ustedes también los quiero mucho.

A Liliana, por estar a mi lado, por tu apoyo y comprensión y por ser un motivo más para lograr esto y muchas cosas más, porque me has hecho sentir que contigo podré lograr todo lo que me proponga. Te amo.

A Oscar, Christian, Aarón, Aline, Fabián y Jaime, mis mejores e irremplazables amigos.

AGRADECIMIENTOS

A la bióloga Asela Rodríguez Varela y al M. en C. Adolfo Cruz Gómez, por haber aceptado la dirección de esta tesis y por darme la oportunidad de trabajar en el laboratorio a su cargo. Gracias también por compartir conmigo sus conocimientos, por sus consejos y por ser unas personas de una excelente calidad académica y humana.

A mis sinodales: biólogo José Antonio Martínez Pérez; M. en C. Alba Márquez Espinoza y M. en C. Mario A. Fernández Araiza, por aceptar la revisión de esta tesis y por su contribución y consejos para la culminación de la misma

ÍNDICE

Resumen	6
Introducción	8
Antecedentes	13
Objetivos	16
Metodología	17
Resultados	23
Características del primer periodo reproductivo	23
Características de las hembras reproductoras en el primer periodo reproductivo	34
Características del segundo periodo reproductivo	38
Características de las hembras reproductoras en el segundo periodo reproductivo	43
Discusión	49
Conclusiones	61
Apéndice	62
Literatura citada	63

RESUMEN

En el acuarismo, un aspecto de gran relevancia es la reproducción de los peces, de la cual depende en gran parte el éxito o fracaso de esta actividad, por lo que conocer y optimizar los recursos disponibles para lograr esta fase, permitirá, además de generar conocimiento, incrementar las posibilidades de explotación de estos organismos. Actualmente las lecitinas se han utilizado en la alimentación de animales de granja, peces y crustáceos por las necesidades de su mejoramiento, obteniendo tasas de conversión jamás pensadas y que permiten que su cultivo siga siendo competitivo. En el presente trabajo, debido a la importancia que representa la nutrición en el aporte de energía para la reproducción, se utilizó la lecitina de soya, que es un fosfolípido que juega un papel importante en el metabolismo de las grasas, el cual está tomando gran importancia como componente lipídico en dietas comerciales para el cultivo de crustáceos, ya que para animales marinos se cree que mejora la digestión y la absorción de las dietas lipídicas. Debido a ello, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el número de crías de guppy (*Poecilia reticulata*), su peso y talla al nacer, así como su sobrevivencia por efecto de alimento enriquecido a diferentes concentraciones de lecitina de soya: 0, 0.3, 0.675, 1.05 y 1.425 gramos/30 gramos de alimento comercial, para lo cual se obtuvieron peces de dos meses de vida, que fueron dispuestos en cinco peceras de 26x51x30cm previamente acondicionadas y equipadas con filtro de caja y aireación constante, un grupo control y cuatro experimentales, cada una con 20 peces en proporción sexual de tres hembras por macho. Al estar las hembras preñadas, fueron trasladadas a peceras de maternidad como las anteriormente descritas, además, fueron pesadas y medidas con el fin de evaluar su factor de condición antes y después de los nacimientos, así como para las crías cuando nacieron. Después de un lapso de cinco días, las hembras fueron regresadas a su pecera original para iniciar su segundo periodo reproductivo, Además se determinó la sobrevivencia de las crías mediante la diferencia entre el número inicial y final de organismos, en el mismo lapso de cinco días.

La alimentación para el grupo control consistió de hojuela comercial marca Wardley sin lecitina, para los grupos restantes este alimento fue enriquecido con lecitina de soya en dosis de 1%, 2.25%, 3.5% y 4.75% de la dieta, respectivamente.

Los resultados demostraron que la mayor producción de crías se presentó en el tratamiento de 1.425g de lecitina con un promedio de 40 organismos, en comparación con el grupo control, el cual promedió 30 crías, el valor más bajo se presentó en el tratamiento de 0.3g, promediando 20 peces; a pesar de ser un número menor, fueron los que en promedio registraron las tallas y los pesos promedios más altos, en comparación con el grupo control donde la talla promedio fue 0.8338cm y el peso 0.0067g. La mayor sobrevivencia se presentó en los peces del tratamiento de 0.675 gramos de lecitina de soya con el 83.85%, también los peces de este tratamiento fueron los que presentaron el mayor porcentaje de incremento neto tanto en peso como en longitud. Se concluye que la administración de la lecitina de soya tuvo un efecto positivo en los parámetros evaluados y que el uso de este compuesto ofrece ventajas en la producción de crías, así como un incremento en su talla y peso al nacer. Se recomienda usar la concentración de 0.675 gramos de lecitina de soya, que corresponde al 2.25% de la dieta, ya que con ésta se obtuvieron muy buenos resultados de manera conjunta en las diferentes variables evaluadas.

INTRODUCCIÓN

El incremento del interés por el conocimiento de la vida de los peces, ha sido el resultado del natural deseo que se nos presenta por saber más sobre la naturaleza y de nuestra necesidad de recabar más información relacionada con las especies, que nos sirven para el comercio y la recreación. Por lo menos desde el siglo X a.C., ya los chinos estaban tratando de cultivar con éxito los peces. Los antiguos egipcios, griegos y romanos, hicieron registros sobre las variedades, hábitos y cualidades de varias especies de peces (Lagler *et al.*, 1984).

Este interés por los peces ha sido muy variado a lo largo de la historia de la humanidad, desde el aspecto histórico-cultural, al meramente de subsistencia como fuente de alimentación, sin olvidar el que tiene actualmente como elemento de manipulación e investigación en ciencias básicas o aplicadas. Sin embargo, si realizamos una comparación actualizada de la presencia del grupo de los peces, con relación al resto de los vertebrados, en términos de programas de conservación y de preocupación por parte de los organismos internacionales, responsables de la protección de la fauna tal como UICN en 1990, podemos observar su casi simbólico papel (Granado, 1996).

Los peces y los sistemas donde viven, han sido fuente de inspiración para escritores y poetas. Mientras que en otras culturas les ha rodeado un halo teocrático y divino de gran importancia (en los primeros cristianos, el pez era un símbolo que aparecía en los anagramas de las catacumbas), en otras, como por ejemplo las clásicas, eran repudiados y destinados en exclusiva para los esclavos. Entre los primeros evolucionistas clásicos, como *Empédocles* (492-432 a.C.), existía la creencia de que el origen del hombre estaba en los peces (Granado, *op. cit.*).

El estudio de los peces o Ictiología, no obtuvo forma de disciplina científica sino hasta el siglo XVIII en Europa. Desde ese entonces, se ha desarrollado rápidamente en todo el mundo, abarcando especialidades como: Taxonomía, Anatomía, Evolución, Fisiología, etc. (Lagler, *op. cit.*).

La acuarofilia es una actividad con gran potencial económico, que cuenta con varias líneas de trabajo, entre las que se encuentran el mantenimiento, el crecimiento y la reproducción de organismos acuáticos, así como la venta y distribución de materiales y equipo. Por lo que el desarrollo de investigaciones, enfocadas a resolver problemas inherentes a fundamentar el manejo de los peces en cautiverio, permitirá difundir los conocimientos generados, ya que una problemática de esta actividad es la escasez de información confiable, debido a los altos intereses económicos que rodean al acuarismo.

Un aspecto de gran relevancia en el acuarismo es la reproducción, de la cual depende en gran parte el éxito o fracaso en esta actividad, por lo que conocer y optimizar los recursos disponibles para lograr esta fase, permitirá además de generar conocimiento, incrementar las posibilidades de explotación de estos organismos (Luna-Figueroa *et al.*, 2000).

En México, la mayoría de los peces de ornato que encontramos en el mercado son importados, ya que la cría de estos en el país es poco difundida. Sin embargo, a pesar de todo existen algunas granjas de peces ornamentales en Estados como Morelos, Puebla, Estado de México y Yucatán, entre otros (García, 2001).

Una de las familias más utilizadas con fines ornamentales es la Poeciliidae, en la que se encuentran los denominados guppys (*Poecilia reticulata*), molis (*Poecilia sphenops*) y espadas (*Xiphophorus helleri*) (García, *op. cit.*).

Los integrantes de la familia de los poecílidos comprenden algunos de los más populares peces de acuario. De maravillosos colores y de comportamiento vivaz, estos pequeños peces suelen ser el habitante más común de los acuarios de todo el mundo (Meffe y Snelson, 1989; Salas y Garrido, 2002).

Los guppys, al igual que los otros poecílidos, son ovovivíparos, esto quiere decir que la incubación de los huevos se lleva a cabo en el interior de la hembra, pero sin que lleguen a formarse estructuras de tipo placentario que permitan pasar alimento de la madre a los embriones.

Los machos tienen un órgano intromitente llamado gonopodio, este se arma con ganchos y es controlado por un juego complejo de huesos y músculos, que funcionan para preñar a la hembra. Las hembras guardan y posiblemente nutren esperma, dentro de sus tractos reproductores durante varios meses (Meffe y Snelson, *op. cit.*).

Los guppys no tienen ninguna exigencia particular referente a la composición del agua. Estos peces, en su biotopo natural, se encuentran en aguas ligeramente alcalinas y medianamente duras. Frecuentan a veces los estuarios de los grandes ríos. En cautividad se habitúan a toda clase de medios, desde el agua dulce de los acuarios, poblados de peces ángel, hasta los acuarios tropicales marinos. La temperatura puede variar de 20° a más de 30°C (Chaumeton, 1991).

El guppy puede vivir en acuarios con temperaturas de 18-27°C, con un pH entre 7,0 y 8,5 y una dureza de 4-30° dH (Sandford, 1996). Las condiciones ideales del acuario para el guppy son: temperatura de 24°C y agua semidura (Mills, 1986).

La nutrición acuícola constituye un factor de particular importancia en la acuicultura, dado que influye de manera predominante en el costo de producción y en los resultados de los sistemas acuícolas. Sin embargo, y a pesar del papel central que tiene en el aporte de energía para el crecimiento, la reproducción y el movimiento muscular, en muchas ocasiones se descuida este renglón del cultivo acuícola y las consecuencias ocasionan grandes perjuicios para los productores.

Es por ello que resulta de gran utilidad manejar los elementos y requisitos básicos para una buena nutrición, ya que su manejo y control adecuados traerá como efecto mejores cosechas piscícolas y mayores rendimientos económicos para los cultivadores.

Entre los requerimientos nutricionales para los peces, se encuentran los lípidos, en los cuales se incluyen las grasas, aceites, ceras y compuestos relacionados. Los lípidos son el componente nutricional que contiene más energía. Por ejemplo, 225% más que proteínas o carbohidratos.

Además de su función primordial como fuente de energía, los lípidos también fungen como insulación para el cuerpo, amortiguadores de los órganos vitales, lubricación, transporte de vitaminas solubles en grasa, manteniendo de flotabilidad natural parte integral del esquema de algunos procesos metabólicos y son el componente primordial de productos de reproducción (Anónimo, 1986).

El alimento generalmente representa el gasto mayor en los sistemas de producción, y tiene un impacto directo en la calidad del agua y en la calidad del producto final. Una dieta balanceada, con un adecuado contenido de nutrientes, es determinante para obtener una buena tasa de sobrevivencia, de crecimiento, así como para lograr tasas de conversión óptimas. Un aspecto esencial para obtener alimentos balanceados de buena calidad, es la digestibilidad de los nutrientes, por ejemplo el uso de fosfolípidos (lecitina). Esta clase de lípido juega un papel importante como agente emulsificante en los sistemas biológicos, además de estar involucrada en la formación de membrana celular y en el transporte de lípidos dentro del organismo. Actualmente, la lecitina de soya está tomando gran importancia como componente lipídico en dietas comerciales para el cultivo de crustáceos; sin embargo, su efecto benéfico y rentable aún no ha sido plenamente demostrado en juveniles de *Penaeus vannamei* (Cruz et al., 1996).

Últimamente la utilización de la soya y sus derivados como harinas integrales, aceite, y lecitina en alimentación de aves, puercos, peces y crustáceos, ha cobrado mayor importancia por las necesidades de su mejoramiento genético, lo que permite tasas de conversión y de ganancia de peso jamás pensadas, que permiten que su cultivo siga siendo competitivo. Sin embargo, el uso de las lecitinas en la nutrición es relativamente nuevo y su inclusión es aún limitada, principalmente por el desconocimiento de lo que es en sí la lecitina (Re-Araujo, 1999).

En animales de granja, la lecitina es usada primordialmente para emulsionar grasas, mejorar la digestión y mejorar la eficiencia alimenticia. En dietas para animales marinos, se cree que mejora la digestión y la absorción de las dietas lipídicas, que sirven para proporcionar y proteger los ácidos grasos polinsaturados.

Además, en forma directa, mejora la calidad física del concentrado y reduce la lixiviación de los nutrientes solubles en agua, promoviendo la atracción y la aceptabilidad de las dietas. Los niveles de utilización de la lecitina en fórmulas comerciales para animales marinos, están en el rango de 1-2%, aunque la respuesta de larvas de camarón cuando se incluyó lecitina seca de soya en un 3.5% en la dieta, con respecto al índice de crecimiento y a la sobrevivencia fueron incrementados (Re-Araujo, *op. cit.*).

Hoy en día, la lecitina se define como un complejo de los llamados lípidos polares y neutros, con un contenido polar de al menos un 60%. El contenido polar es la parte que es insoluble en acetona. El término genérico para la lecitina es definitivamente asignado como "fosfolípidos" (Hertampf 1991 en Cruz, *op. cit.*).

ANTECEDENTES

Kanazawa (1993), realizó una investigación acerca de los fosfolípidos indispensables para el crecimiento y sobrevivencia de peces y crustáceos, para lo que utilizó a las especies *Oplegnathus fasciatus*, *Paralichthys olivaceus* y *Penaeus chinensis*; sus resultados demostraron que los fosfolípidos son requeridos para el transporte de los lípidos, particularmente del colesterol y los triglicéridos en el cuerpo.

En lo que se refiere a la producción acuícola, la lecitina de soya ha sido utilizada generalmente en investigaciones acerca de la nutrición en crustáceos, así lo demuestran trabajos como el de Cruz *et al.* (1996), en el que determinaron el efecto nutricional de diferentes niveles de lecitina de soya líquida, en dietas comerciales para camarón *Penaeus vannamei*, y el efecto de la lecitina sobre la digestión aparente de los lípidos de la dieta, demostrando que los fosfolípidos son necesarios en la alimentación de crustáceos y que su inclusión en dietas comerciales para *P. vananmei* juveniles, es recomendable por su efecto positivo sobre la tasa de crecimiento y la tasa de conversión alimenticia.

Así mismo, la lecitina de soya ha sido utilizada en estudios referentes al crecimiento y composición corporal de algunas especies de peces, como en el trabajo realizado por Craig y Gatlin (1997), que midieron los efectos de lecitina y colina en los siguientes índices biológicos: el radio del músculo, en el cual con lecitina tuvo un valor de 0.0010 y con la colina de 0.0791; el índice hepatosomático con lecitina fue de 0.0405 y con colina de 0.0085, y la grasa intraperitoneal con valores de 0.9702 y 0.5302 con lecitina y colina respectivamente de *Sciaenops ocellatus*. Sus resultados demuestran que la lecitina tuvo mejores efectos que la colina en los valores de los índices mencionados.

Bergot *et al.* (1998), realizaron una comparación de los efectos de fosfolípidos, preparados a partir de la lecitina de soya sobre el crecimiento y sobrevivencia de larvas de carpa común, *Cyprinus carpio*, y sus resultados confirman que la parte polar y los ácidos grasos de los fosfolípidos, pueden afectar el valor nutricional para las larvas y sugieren distintos requerimientos de fosfatidilinositol y fosfatidilcolina.

Gong *et al.* (2000), estudiaron los requerimientos e interacción del colesterol y la lecitina de soya en la nutrición de *Litopenaeus vannamei*, encontrando que existe una gran interacción entre estos compuestos en el crecimiento de este camarón y estimaron los requerimientos de colesterol para un crecimiento óptimo.

Respecto a la reproducción del guppy, recientemente Botello (2002), llevó a cabo un estudio sobre algunos aspectos reproductivos de *Poecilia reticulata* del lago del parque Tezozomoc, entre los que se encuentran la proporción de sexos y los estadios de madurez gonadal, así como una relación entre los parámetros ambientales con la reproducción de esta especie.

Tocher (2003), realizó una revisión acerca del estado actual de conocimiento de varios aspectos de la bioquímica básica, metabolismo y funciones de los ácidos grasos en peces teleósteos, en el que menciona que los lípidos son, después de las proteínas, el mayor constituyente orgánico de los peces y juegan papeles importantes como recursos de energía para el metabolismo, crecimiento, reproducción y movimiento, incluyendo la migración.

Sales y Geert (2003), llevaron a cabo una investigación referente a las necesidades alimenticias de varias especies de peces de ornato, donde menciona que en relación a los requerimientos de ácidos grasos; los estudios se han realizado sobretodo en crecimiento de especies marinas, como damiselas y caballos de mar, debido a la necesidad de suplementar los ácidos grasos *n-3* altamente insaturados.

Hasta el momento, no se ha encontrado estudio alguno que utilice lecitina de soya y evalúe su efecto en la reproducción en peces, por lo que el presente trabajo tiene la justificante de iniciar estudios que determinen su efecto en la reproducción para definir si este elemento puede ser una opción rentable en la producción de peces.

OBJETIVOS

GENERAL:

Evaluar el efecto del alimento enriquecido con diferentes concentraciones de lecitina de soya sobre la reproducción del guppy, *Poecilia reticulata*.

PARTICULARES:

Determinar qué concentración de lecitina ofrece mejores resultados en el proceso reproductivo de los organismos.

Realizar una evaluación de peso y talla de las hembras de cada tratamiento.

Determinar el periodo que transcurre entre los diferentes nacimientos por efecto de la lecitina de soya.

Cuantificar el número y porcentaje de sobrevivencia de las crías nacidas, así como realizar una evaluación de su peso y talla como productos resultantes de la reproducción.

METODOLOGÍA

Se prepararon peceras para cuarentena de las siguientes medidas: 26x51x30cm, con capacidad aproximada de 40 litros, y con volumen real de agua de 32 litros, cada una de ellas fue equipada con un filtro de caja con carbón activado y fibra de vidrio, también se les colocó su respectiva tapa y la aireación se llevó a cabo por medio de una compresora.

Al agua contenida en estas peceras se le agregó acondicionador para la eliminación de cloro y demás sustancias, en proporción de una gota por litro de agua y se dejó reposar durante tres días; pasado este tiempo se conectaron los filtros. La temperatura del agua se mantuvo entre los 25 - 26°C, por medio de un termostato y fue medida con un termómetro marca "Brannan" y pH de 8.5 ± 0.5 , medido con un potenciómetro marca "Waterproof"; los valores del oxígeno disuelto se ubicaron entre 4 y 8mg/L, el cual se registró mediante el uso de un oxímetro digital marca "Oakton".

Se obtuvieron peces de dos meses de vida provenientes de un productor comercial, con longitud promedio de 1.64 cm, con una mínima de 1.4cm y una máxima de 2.92cm, medidos con vernier marca "Scala" y peso promedio de 0.18g, con un mínimo de 0.04g y un máximo de 0.76g obtenido con balanza marca "Ohaus" con capacidad de 200g y graduación de 0.01g. La cuarentena de los peces fue de 40 días, durante este tiempo la alimentación consistió de hojuela comercial "*ad libitum*".

Para la experimentación, la cual tuvo una duración de 198 días, se utilizaron cinco peceras de las mismas características que las de cuarentena, un grupo control y cuatro experimentales, cada una de ellas con 20 peces en proporción sexual de tres hembras por cada macho.

El agua en estos acuarios presentó las características fisicoquímicas antes mencionadas.

Para la preparación del alimento, primero fueron pesados 30 gramos de hojuela para cada uno de los grupos experimentales y el control; posteriormente y por separado, se pasó a través de una malla con abertura de poro de 2mm para obtener partículas pequeñas, fácilmente consumibles para los organismos; después se diluyó en alcohol el equivalente de lecitina para cada una de las dosis y posteriormente se agregó al alimento, incorporándola homogéneamente; una vez incorporada la lecitina se dejó pasar el tiempo necesario para la evaporación total del alcohol.

La alimentación, para el grupo control, consistió de hojuela comercial marca Wardley sin lecitina, para los grupos restantes este alimento fue enriquecido con lecitina de soya en dosis de 1%, 2.25%, 3.5% y 4.75% de la dieta, respectivamente.

La ración del alimento fue del 4% de la biomasa, el cual fue suministrado diariamente en una sola ración.

Semanalmente se realizó la limpieza de los acuarios, sacando los filtros y enjuagando el carbón activado y la fibra de vidrio de cada uno de ellos, así como un recambio parcial (25%) de agua en cada uno de los acuarios.

Al estar las hembras preñadas, fueron trasladadas a peceras como las anteriormente descritas, con aireación constante y temperatura de 26 °C, para inducir el nacimiento de las crías; además, fueron pesadas y medidas con el fin de evaluar su factor de condición antes y después de los nacimientos, así como para las crías cuando nacieron. Después de un lapso de cinco días, las hembras fueron regresadas a su pecera original para iniciar su segundo periodo reproductivo, y así evaluar el tiempo de gestación entre cada fecundación; al observar nuevamente el estado de gravidez, se regresaron a las peceras de inducción al nacimiento para repetir el ciclo.

PROCESAMIENTO DE DATOS

Se realizó el conteo directo de los organismos nacidos por hembra en cada tratamiento.

La sobrevivencia de los nacidos se estimó por diferencia entre el número inicial y el final de organismos y se expresó en porcentaje.

Así mismo, para evaluar las dietas se midieron los siguientes parámetros (Becerril y Velázquez, 1987; Jiménez y Bracamontes, 1987; Blanco, 1995 y Stevenson, sin año).

Porcentaje de ganancia en peso, para la evaluación de las hembras reproductoras, el cual se determinó en la forma siguiente:

$$\text{PGP} = \frac{\text{peso final} - \text{peso inicial}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

Donde el peso inicial es aquel al inicio de la fecundación y el peso final es el peso de la hembra después del nacimiento de las crías.

Complementariamente se realizó la evaluación del incremento en longitud y peso mediante las siguientes ecuaciones:

Tasa de crecimiento específica en peso

$$\text{TCE} = \frac{\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}}{\text{Tiempo (días)}} \times 100$$

Tasa de crecimiento específica en longitud

$$\text{TCL} = \frac{\ln \text{ longitud final} - \ln \text{ longitud inicial}}{\text{Tiempo (días)}} \times 100$$

Para determinar el estado de condición o “bienestar” de las hembras reproductoras, antes y después de los nacimientos, así como de las crías nacidas y sobrevivientes, se determinó el factor de condición de (Ricker, 1975)

$$FC = \frac{\text{Peso del pez en gramos}}{(\text{Longitud del pez en cm})^3} \times 100$$

Se registró el tiempo a partir del primer día de nacidas las crías hasta que finalizó el alumbramiento, así como el tiempo que transcurrió entre diferentes nacimientos.

Con referencia a las crías nacidas, se cuantificó su número producido por hembra y su porcentaje de mortalidad (PM) durante el nacimiento, con la siguiente expresión:

$$PM = \frac{\# \text{de peces finales} - \# \text{de peces iniciales}}{\# \text{de peces iniciales}} \times 100$$

Para determinar la concentración más efectiva a una confiabilidad del 95% se llevó a cabo un análisis de varianza de un factor (ANOVA) $p \leq 0.05$ (Zar, 1999; Daniel, 2004):

ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR

H_0 = El promedio de los peces nacidos, talla y peso al nacer o porcentaje de sobrevivencia entre los peces sometidos a diferentes concentraciones de lecitina de soya será igual.

H_a = El promedio de los peces nacidos, talla y peso al nacer o porcentaje de sobrevivencia entre los peces sometidos a diferentes concentraciones de lecitina de soya, por lo menos en una concentración será diferente, es decir habrá diferencias significativas a una confiabilidad del 95%.

VARIANZA ENTRE o VARIANZA DE TRATAMIENTOS

$$S_{entre}^2 = \frac{\sum_{i=1}^a n_i (\bar{Y}_i - \bar{Y})^2}{a - 1}$$

VARIANZA DENTRO o VARIANZA DEL ERROR

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

PRUEBA DE FISHER "F"

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

donde:

a = número de tratamientos o niveles de factor

Y_i = media por tratamiento o nivel de 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 F_{n-a}^{α} 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 aceptará H_0 si $F_{experimental}$ es menor que F_{tablas} es decir $F_{experimental} \leq F_{n-a}^{\alpha}$ ($p > 0.05$)

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

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

Como las repeticiones fueron diferentes entre todas las concentraciones se aplicó la siguiente fórmula:

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

donde:

$t_{n-a}^{\alpha/2}$ = grados de libertad dentro. Valor crítico de la tabla de t, con nivel de significancia de $\alpha/2$ y grados de libertad n-a
C.M. error = cuadrado medio del error de la tabla de ANOVA (C.M. dentro de grupos)

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

Cada uno de estos resultados se obtuvo por tratamiento y después se realizaron comparaciones entre ellos para determinar diferencias significativas y poder definir qué concentración tuvo un mejor efecto.

RESULTADOS

CARACTERÍSTICAS DEL PRIMER PERIODO REPRODUCTIVO

Las hembras que fueron sometidas a los tratamientos de 1.05 y 1.425 gramos de lecitina de soya, tuvieron en promedio 36 y 45 crías respectivamente, superando el promedio de las hembras del grupo control, el cual fue de 35 crías. Por el contrario, las hembras de los tratamientos a los que se les adicionó el 0.3 y 0.675 gramos de lecitina de soya tuvieron la producción promedio más baja con 16 y 27 peces respectivamente. No se encontraron diferencias significativas ($p>0.05$) (Figura 1).

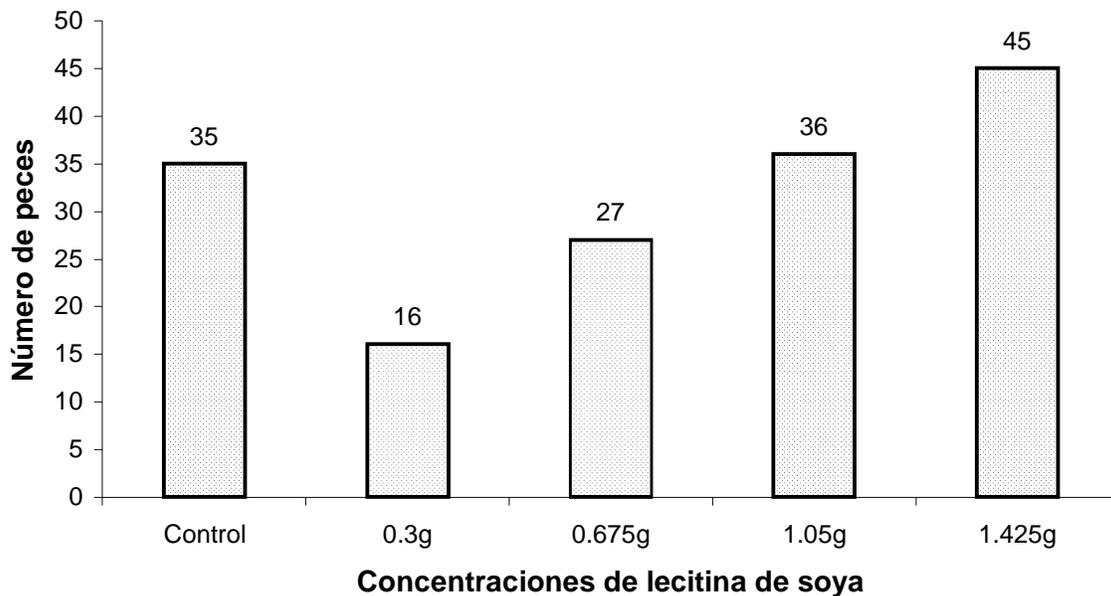


Figura 1. Promedio de peces nacidos por hembra en el primer periodo reproductivo.

Al día de su nacimiento, los peces que presentaron el peso promedio más alto fueron los nacidos de las hembras del tratamiento de 0.3 gramos de lecitina de soya, con 0.0177 g; para los nacidos de las hembras del grupo control el peso promedio fue de 0.0088 g y los tratamientos que se ubicaron por debajo del valor obtenido en el grupo control fueron los de 0.675 y 1.425 gramos de lecitina de soya, en los cuales las crías nacidas en ambos tratamientos promediaron 0.0086 g; por último, los nacidos en el tratamiento de 1.05 gramos de lecitina de soya el peso promedio fue de 0.0084 g. No se encontraron diferencias significativas ($p>0.05$) (Figura 2).

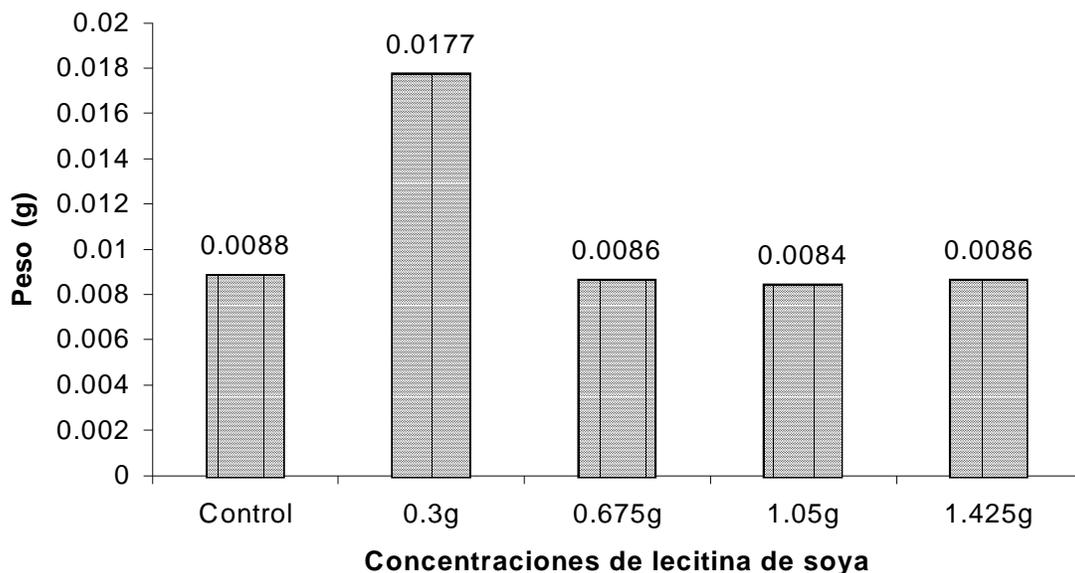


Figura 2. Pesos promedio de los peces nacidos en el primer periodo reproductivo.

Al día de su nacimiento, las crías de las hembras sometidas a los tratamientos de 0.3 y 0.675 gramos de lecitina de soya, tuvieron longitudes promedio de 0.9255 y 0.9067 cm respectivamente; las nacidas de las hembras del grupo control midieron en promedio 0.8611 cm y por debajo de este valor las crías del tratamiento de 1.05 gramos de lecitina de soya con una longitud promedio de 0.8488 cm; finalmente, el tratamiento de 1.425 gramos de lecitina de soya en el que las crías promediaron 0.8333 cm. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) (Figura 3).

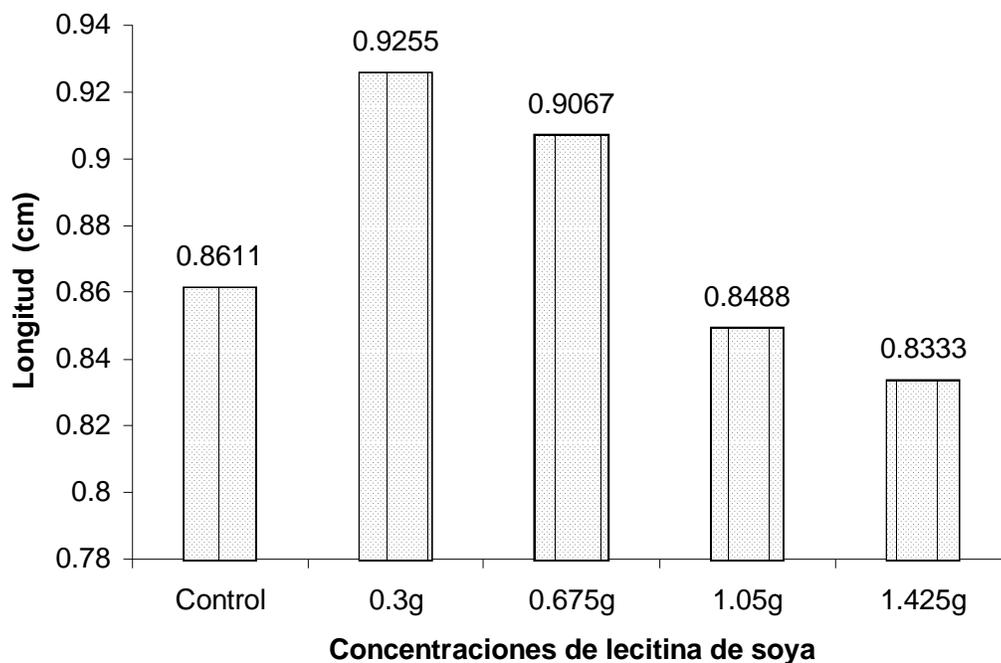


Figura 3. Longitud promedio de los peces nacidos en el primer periodo reproductivo.

Las hembras que fueron alimentadas con las dietas a las que se les adicionó 0.675, 1.05 y 1.425 gramos de lecitina de soya, registraron un promedio de 26, 33 y 32 crías sobrevivientes respectivamente, los cuales fueron superiores al grupo control, ya que en éste el promedio fue de 19 crías y por debajo de este valor se ubicó el tratamiento de 0.3 gramos de lecitina de soya, con un promedio de 15 peces. No se encontraron diferencias significativas ($p>0.05$) (Figura 4).

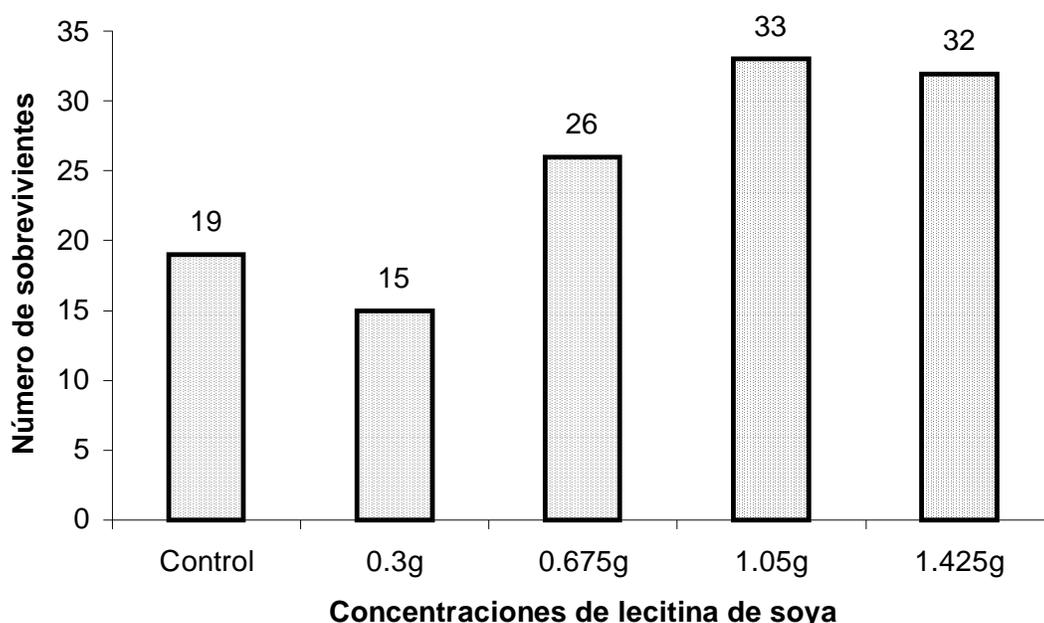


Figura 4. Promedio de peces sobrevivientes por hembra en el primer periodo reproductivo.

Los peces que nacieron de las hembras del grupo control tuvieron una sobrevivencia del 53%, siendo este el porcentaje más bajo registrado. La mayor sobrevivencia se presentó en el tratamiento de 0.675 gramos de lecitina de soya con el 95.18%, a continuación el tratamiento de 1.05 gramos de lecitina de soya con el 92.52% seguido del tratamiento de 0.3 gramos de lecitina de soya, con el 83.33% y el tratamiento de 1.425 gramos de lecitina de soya en el que sobrevivió el 71.64% de los peces nacidos (Figura 5).

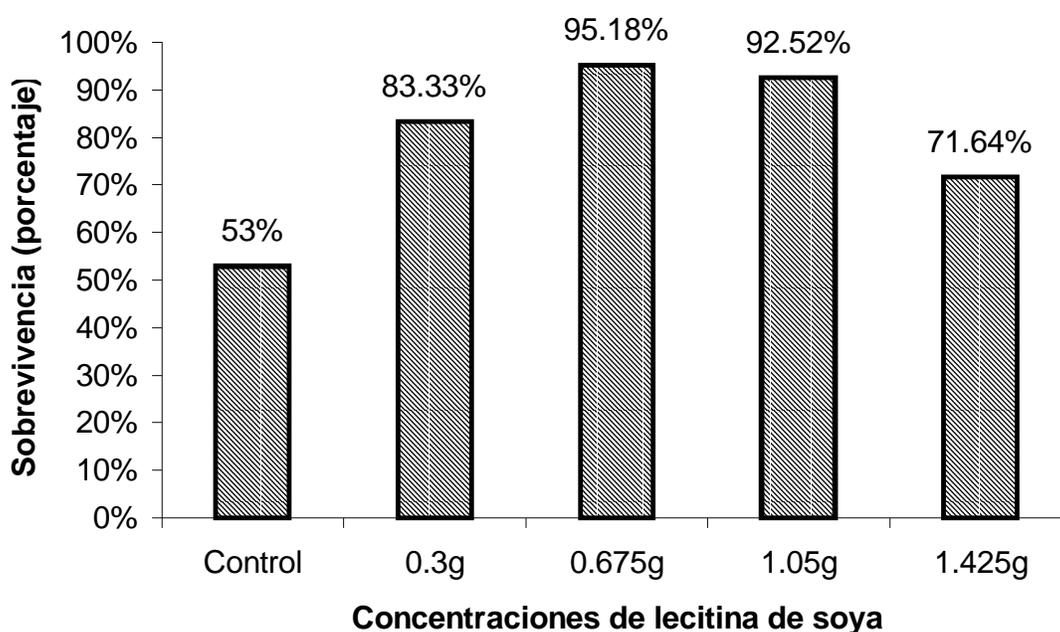


Figura 5. Porcentaje de sobrevivencia de los peces del primer periodo reproductivo.

Las crías, sobrevivientes de las hembras que fueron sometidas a una alimentación enriquecida con lecitina de soya, tuvieron valores de peso promedio más altos que las crías de las hembras del grupo control en el cual su peso fue de solo 0.0073 g., así el valor más alto se presentó en el tratamiento de 0.3 gramos de lecitina de soya con 0.0113 g, seguido del tratamiento de 0.675 gramos de lecitina de soya, en el que el peso fue de 0.0106 g y los tratamientos de 1.05 y 1.425 gramos de lecitina de soya con un peso promedio de 0.0093 y 0.0086 g respectivamente. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) (Figura 6).

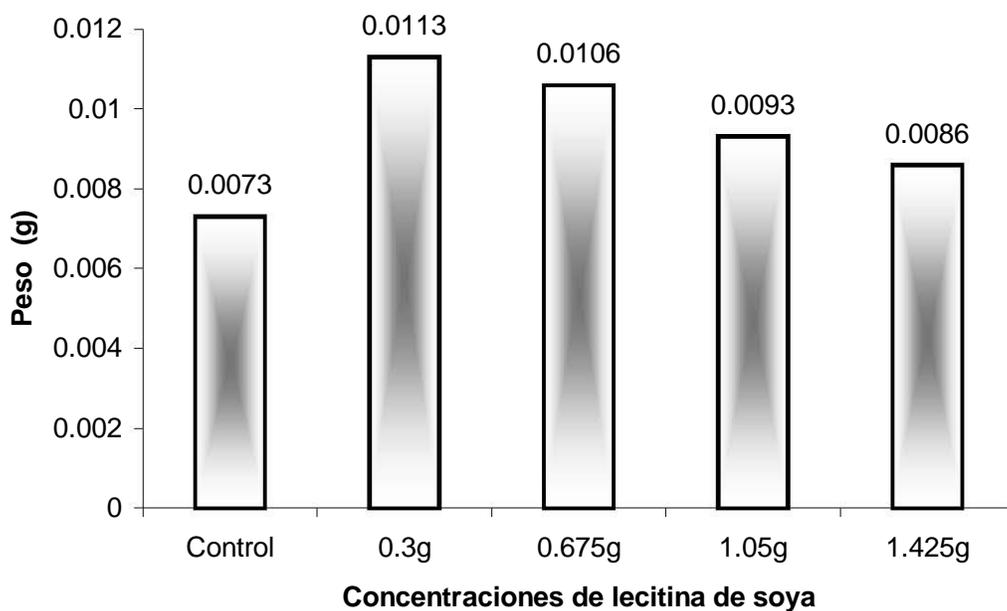


Figura 6. Pesos promedio de los peces sobrevivientes en el primer periodo reproductivo.

Las crías, sobrevivientes de las hembras que estuvieron sometidas a los tratamientos con lecitina de soya, presentaron longitudes promedio mayores que las que sobrevivieron en el grupo control, ya que en este último, el valor obtenido fue de 0.8611 cm; en el tratamiento de 0.3 gramos de lecitina de soya se encontró el valor más alto, con una longitud promedio de 1.0133 cm, seguido de el tratamiento de 0.675 gramos de lecitina de soya con 0.9555 cm, el tratamiento de 1.05 gramos de lecitina de soya con un promedio de 0.9022 cm y el tratamiento de 1.425 gramos de lecitina de soya en el que las crías midieron 0.8666 cm. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) (Figura 7).

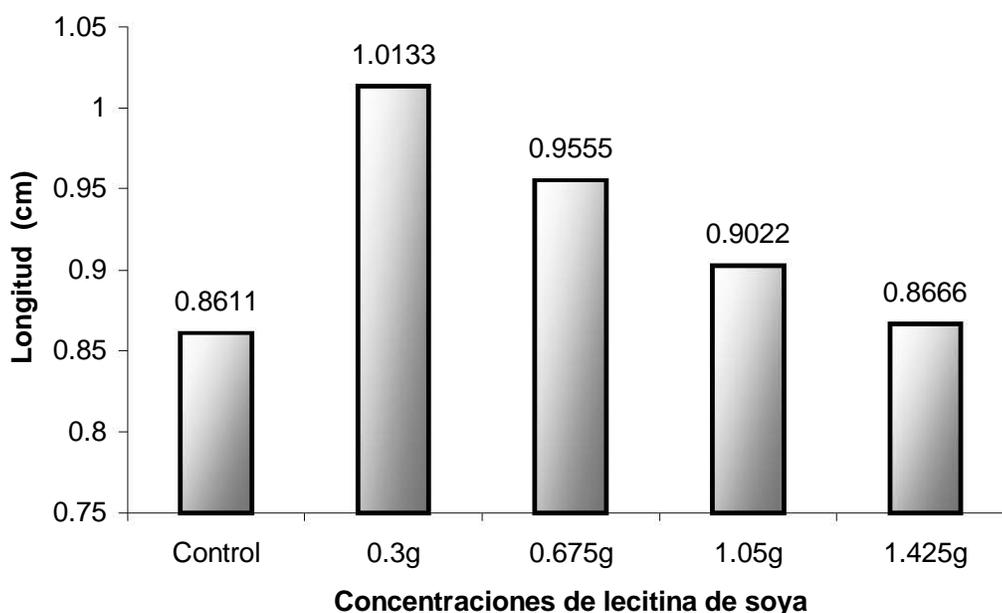


Figura 7. Longitud promedio de los peces sobrevivientes en el primer periodo reproductivo.

Las crías que presentaron tasa de incremento en peso positivo, fueron las de los tratamientos de 0.675 y 1.05 gramos de lecitina de soya, con valores de 0.04 y 0.02 respectivamente; las crías del tratamiento de 1.425 gramos de lecitina de soya mantuvieron su peso inicial, lo cual no representó incremento alguno; con valores negativos estuvo el grupo control con -0.04 y el tratamiento de 0.3 gramos de lecitina de soya con un -0.09 (Figura 8).

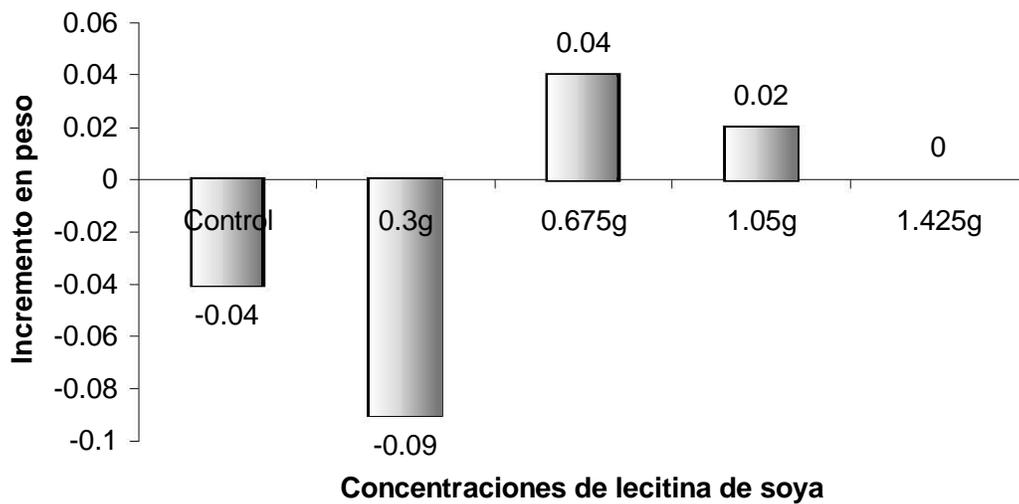


Figura 8. Tasa de crecimiento específica en peso (gramos/día) de los peces del primer periodo reproductivo.

Los peces que nacieron de las hembras del grupo control no tuvieron incremento en su longitud; los del tratamiento 0.3 gramos de lecitina de soya tuvieron el mayor incremento con una tasa de 0.018, en seguida se ubicaron los del tratamiento de 1.05 gramos de lecitina de soya con un incremento diario del 0.012, a continuación las crías del tratamiento de 0.675 gramos de lecitina de soya con el 0.010 y el tratamiento de 1.425 gramos de lecitina de soya que tuvieron un incremento del 0.007 (Figura 9).

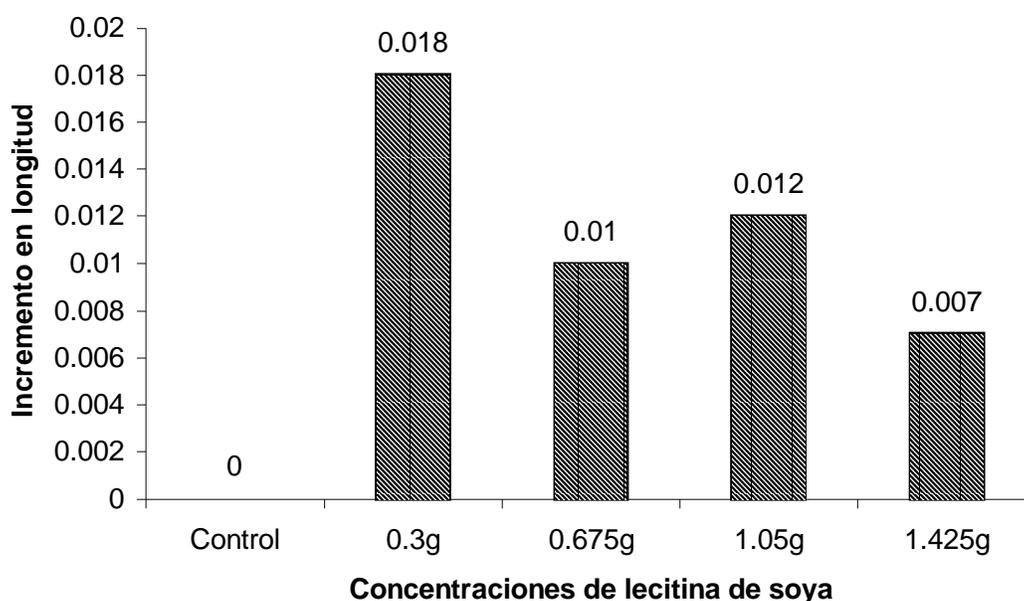


Figura 9. Porcentaje de incremento neto en longitud (cm/día) de los peces del primer periodo reproductivo.

Los peces que tuvieron el factor de condición más alto, al nacer, fueron los del tratamiento de 1.425 gramos de lecitina de soya, seguidos de los del grupo control y los tratamientos de 1.05, 0.675 y 0.3 gramos de lecitina de soya. En los peces sobrevivientes, el valor más alto también se presentó en los del tratamiento de 1.425 gramos de lecitina de soya, seguido del los tratamientos de 1.05, 0.675, el grupo control y con el factor de condición más bajo el tratamiento de 0.3 gramos de lecitina de soya (Figura 10).

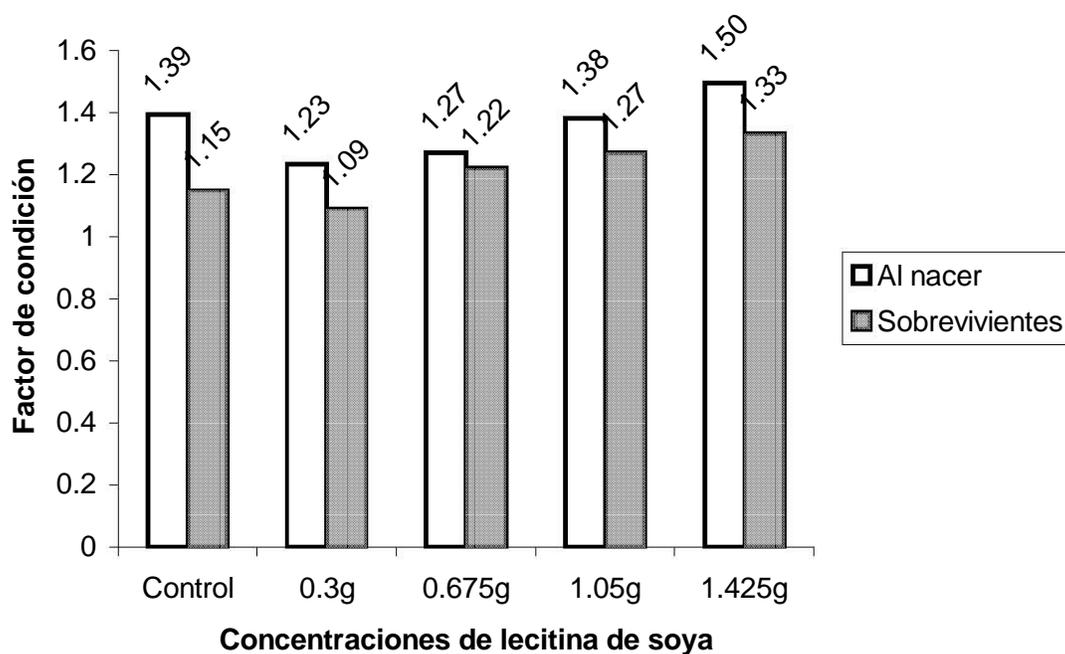


Figura 10. Factor de condición de los peces al nacer y sobrevivientes del primer periodo reproductivo.

Durante el periodo transcurrido, desde el inicio del experimento hasta que se presentó el primer nacimiento en las hembras de todos los tratamientos, los parámetros fisicoquímicos fueron mantenidos dentro de los niveles adecuados para la especie (Tabla 1).

Tabla 1. Características fisicoquímicas a las que estuvieron sometidos los peces hasta el primer nacimiento.

TRATAMIENTOS	TEMPERATURA	pH	OXÍGENO
CONTROL	25	8.4	5.9
0.3 g	25	8.4	5.9
0.675 g	25	8.4	6
1.05 g	25	8.4	6
1.425 g	25	8.4	6.1

CARACTERÍSTICAS DE LAS HEMBRAS REPRODUCTORAS EN EL PRIMER PERIODO REPRODUCTIVO

Las hembras del tratamiento de 0.3 gramos de lecitina de soya perdieron el 23.16% de su peso, seguidas de las hembras del tratamiento de 1.425 gramos de lecitina de soya con el 23.1%, las del tratamiento de 1.05 gramos de lecitina de soya perdieron en promedio el 16.59% y las del grupo control el 18.76% las hembras que perdieron menos peso fueron las del tratamiento de 0.675 gramos de lecitina de soya con el 13.15% (Figura 11).

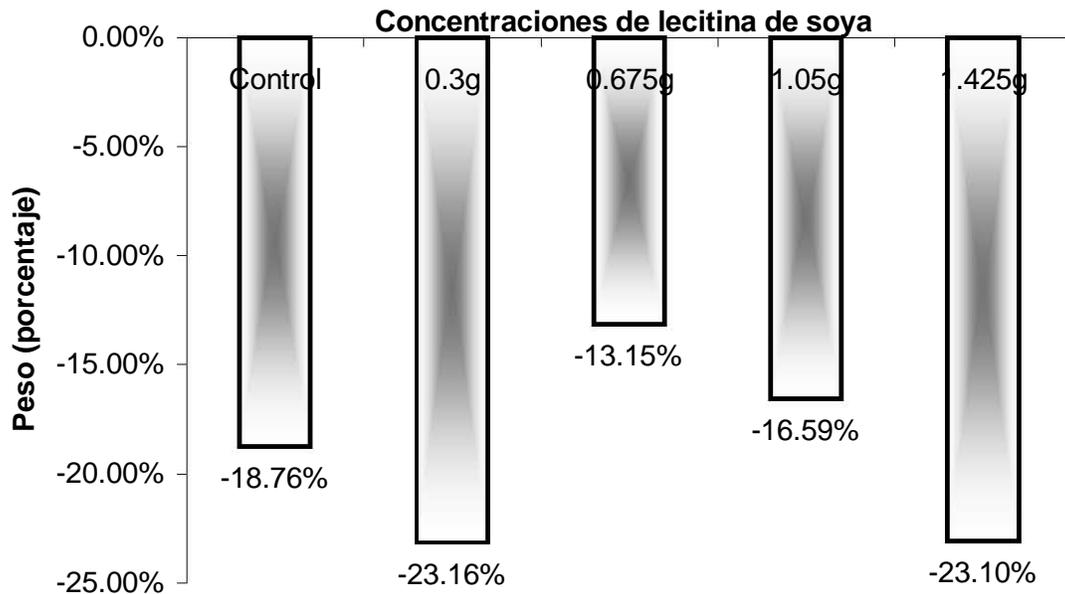


Figura 11. Porcentaje de pérdida en peso.

Las hembras que en promedio tuvieron un mayor crecimiento en longitud fueron las del tratamiento de 0.3 gramos de lecitina de soya con 0.45, seguidas de las hembras del tratamiento de 1.425 gramos de lecitina de soya con 0.14, en seguida se ubicaron las del grupo control y las del tratamiento de 1.05 gramos de lecitina de soya, con una tasa de 0.13; el valor más bajo fue registrado en las hembras del tratamiento de 0.675 gramos de lecitina de soya con solamente 0.12 (Figura 12).

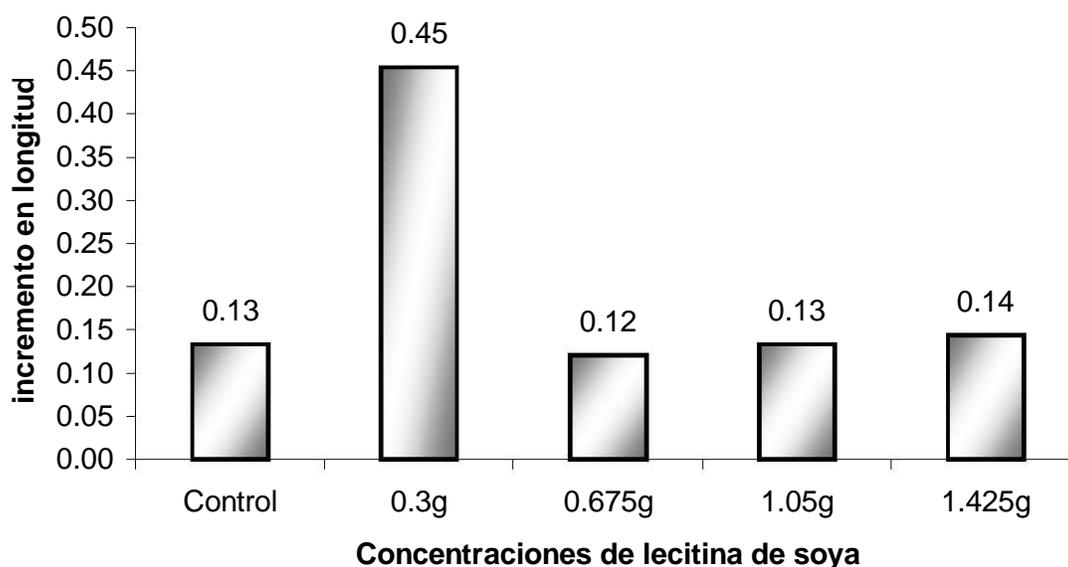


Figura 12. Tasa de incremento en longitud.

Al estar las hembras preñadas, el factor de condición más alto fue dado en las del tratamiento de 0.3 gramos de lecitina de soya, con un promedio de 2.86, a continuación se ubicaron las hembras de los tratamientos de 1.05 y 1.425 gramos de lecitina de soya, ambos con 2.54, en el grupo control fue de 2.3 y por último el tratamiento de 0.675 gramos de lecitina de soya con 2.12 (Figura13).

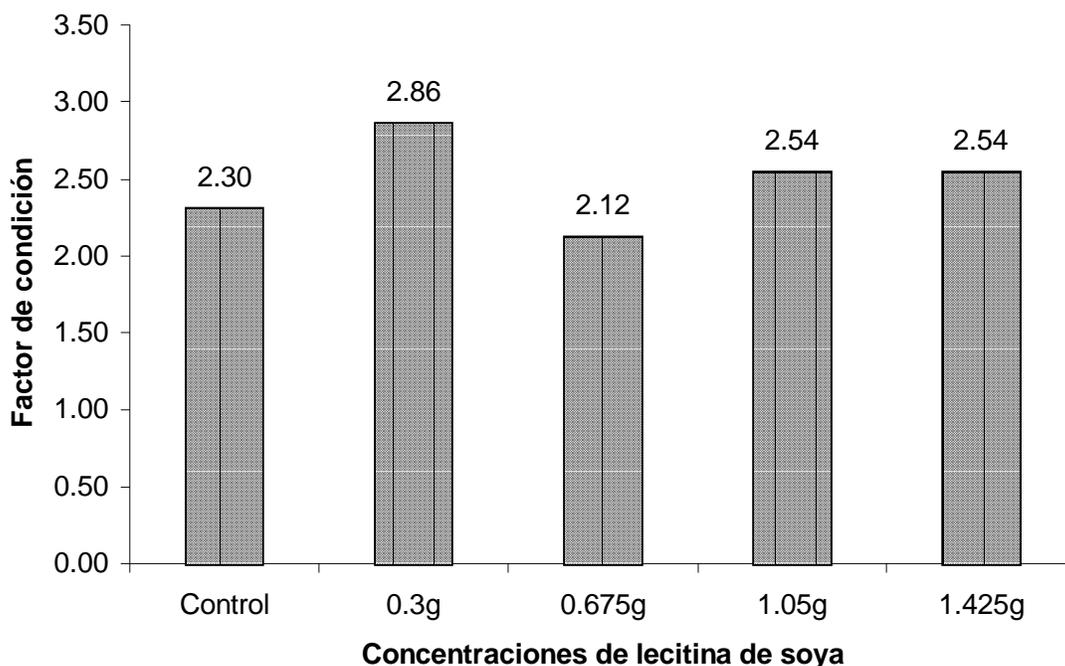


Figura 13. Factor de condición de las hembras antes de los nacimientos de las crías.

Después del nacimiento de las crías, las hembras con el factor de condición más alto fueron las del tratamiento de 0.3 gramos de lecitina de soya, con un promedio de 2.06, seguidas de las del tratamiento de 1.425 gramos de lecitina de soya con 1.90 y el tratamiento de 1.05 gramos de lecitina de soya con 1.83, las hembras del control promediaron 1.8 y por último las del tratamiento de 0.675 gramos de lecitina de soya con un factor de condición promedio de 1.71 (Figura 14).

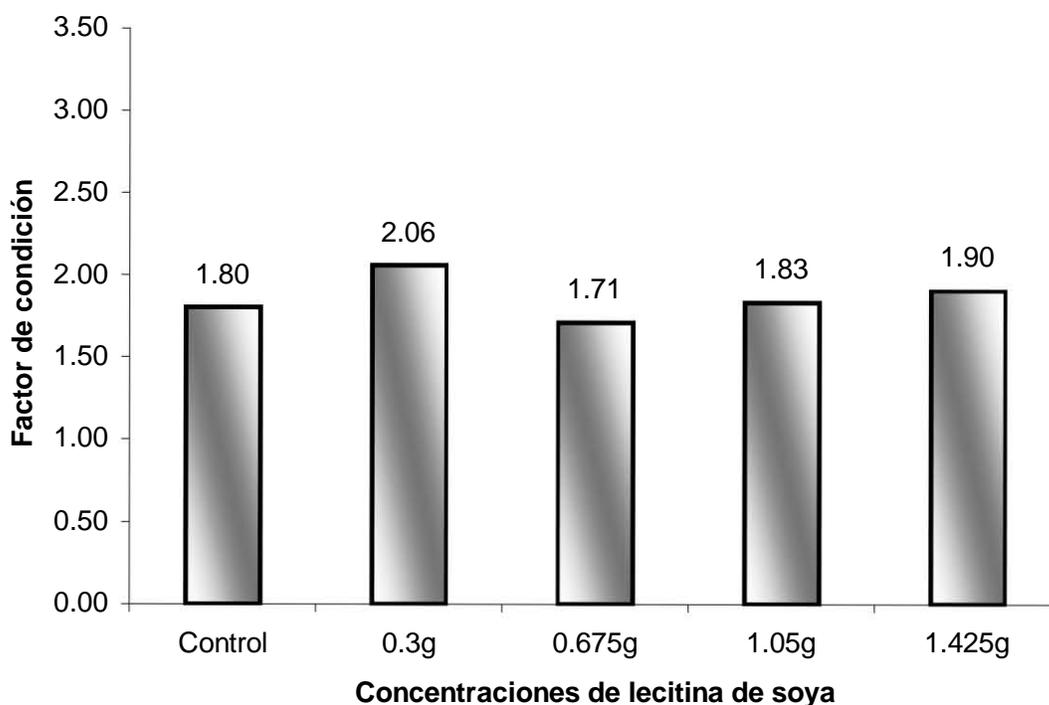


Figura 14. Factor de condición de las hembras después de los nacimientos de las crías.

CARACTERÍSTICAS DEL SEGUNDO PERIODO REPRODUCTIVO

En todos los tratamientos en que el alimento fue enriquecido con lecitina de soya, se presentó un mayor número de crías con respecto al grupo control, en el cual solo nacieron 24 crías promedio por hembra, el tratamiento de 1.425 gramos de lecitina de soya tuvo el promedio más alto con 36 individuos, en segundo lugar el tratamiento enriquecido con 1.05 gramos de lecitina de soya con 32 crías, seguido del tratamiento de 0.3 gramos de lecitina de soya con 30 peces y el tratamiento que se le adicionó 0.675 gramos de lecitina de soya, promediando 26 peces. No se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) (Figura 15).

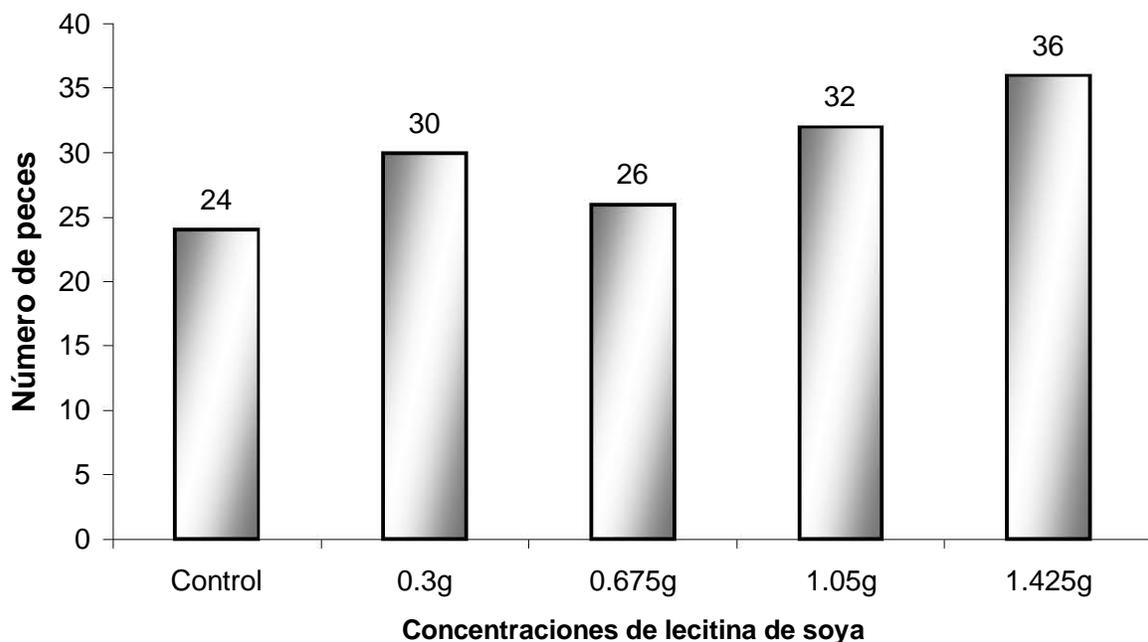


Figura 15. Promedio de peces nacidos por hembra en el segundo periodo reproductivo.

Los peces nacidos de las hembras sometidas al tratamiento de 0.675 gramos de lecitina de soya, tuvieron el más alto promedio en peso con 0.006 g, también superando al grupo control; el tratamiento de 0.3 gramos de lecitina de soya con 0.0051 g, el promedio para el grupo control fue de 0.0046g y los tratamientos de 1.05 y 1.425 gramos de lecitina de soya tuvieron un peso de 0.0042 g. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) (Figura 16).

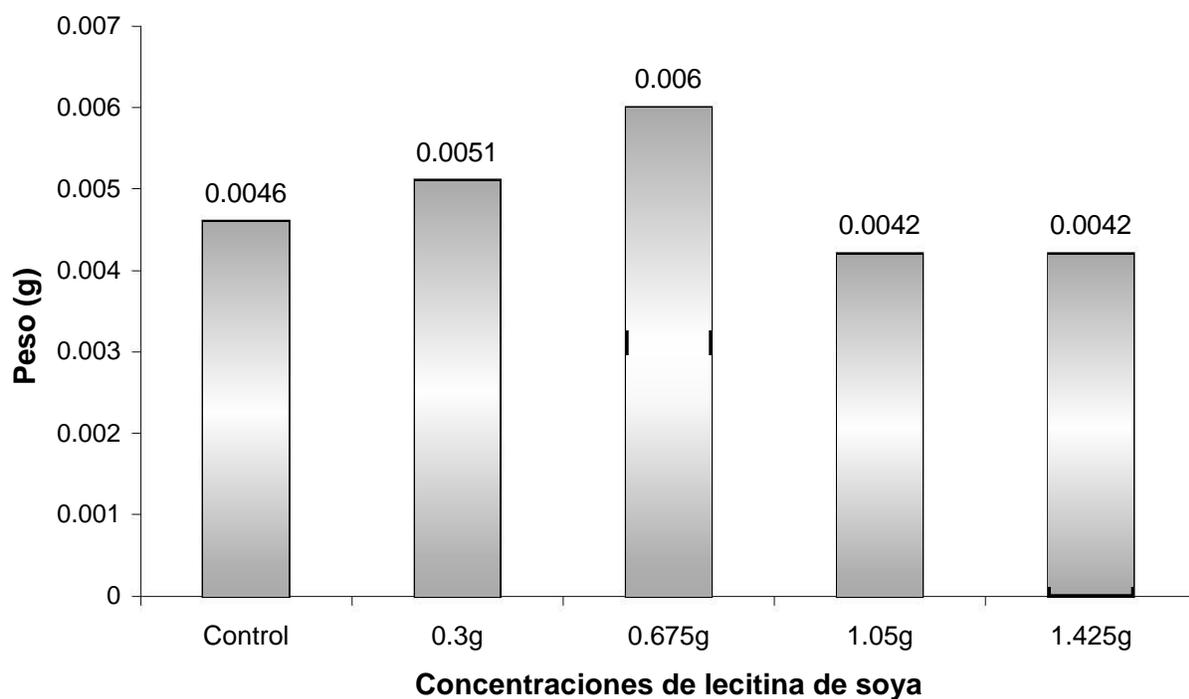


Figura 16. Pesos promedio de los peces nacidos en el segundo periodo reproductivo.

Los peces nacidos de las hembras de los tratamientos con 0.3 y 0.675 gramos de lecitina de soya, tuvieron longitudes promedio mayores que los del grupo control con 0.8288 y 0.8244 cm respectivamente; en el grupo control el promedio fue de 0.8066 cm y con valores menores los tratamientos de 1.425 y 1.05 gramos de lecitina de soya con 0.7966 y 0.77 cm respectivamente. No se encontraron diferencias significativas ($p>0.05$) (Figura 17).

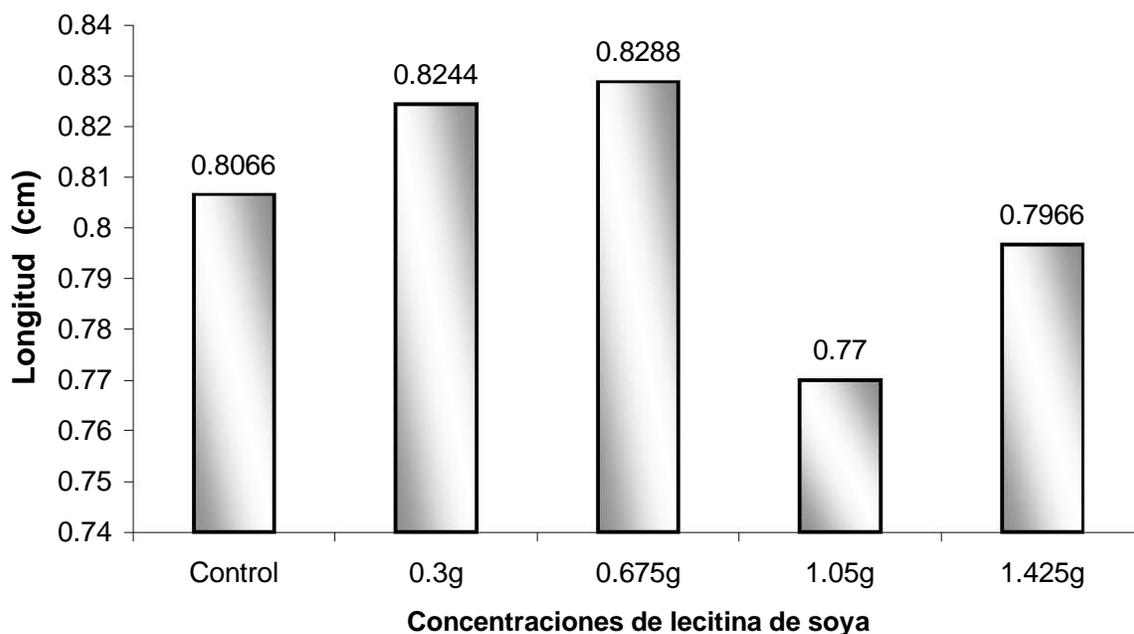


Figura 17. Longitud promedio de los peces nacidos en el segundo periodo reproductivo.

El promedio de peces sobrevivientes de todos los tratamientos, fue superior al grupo control, en el cual fue de 11 peces, el mayor número se presentó en los tratamientos de 1.425 y 1.05 gramos de lecitina de soya con 25 y 22 peces promedio respectivamente. No se encontraron diferencias significativas ($p>0.05$) (Figura 18).

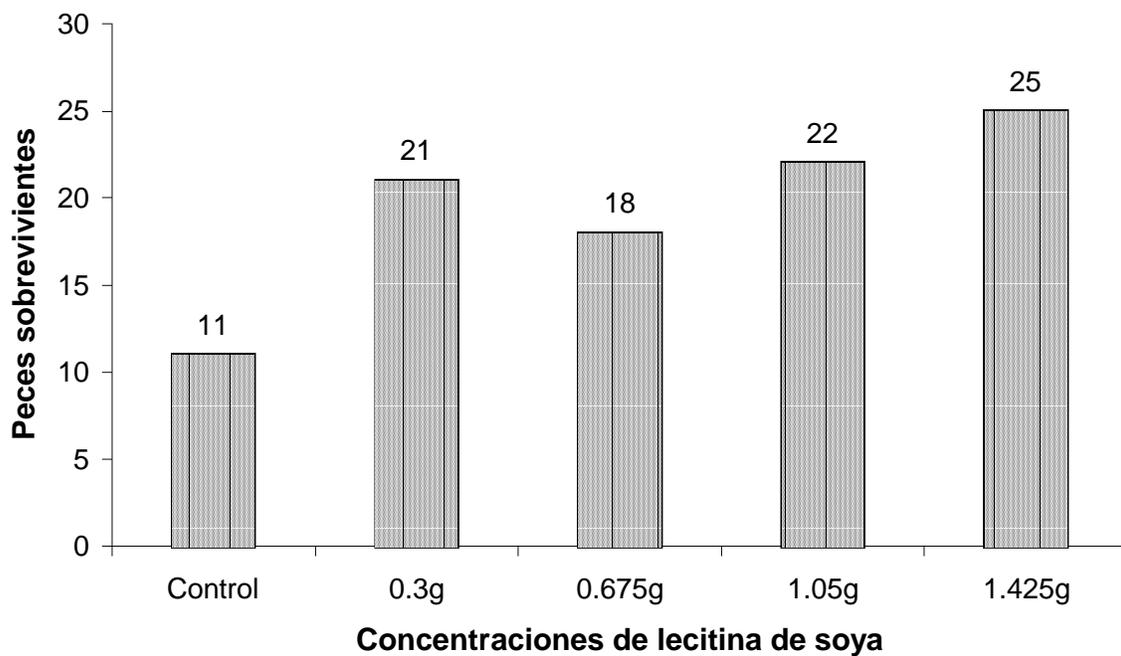


Figura 18. Promedio de peces sobrevivientes por hembra en el segundo periodo reproductivo.

La mayor sobrevivencia se registró en el tratamiento de 0.675 gramos de lecitina de soya con el 70.88%, seguido del tratamiento de 1.425 gramos de lecitina de soya con el 70.37%; las crías de las hembras del grupo control tuvieron la menor sobrevivencia con el 46.57% (Figura 19).

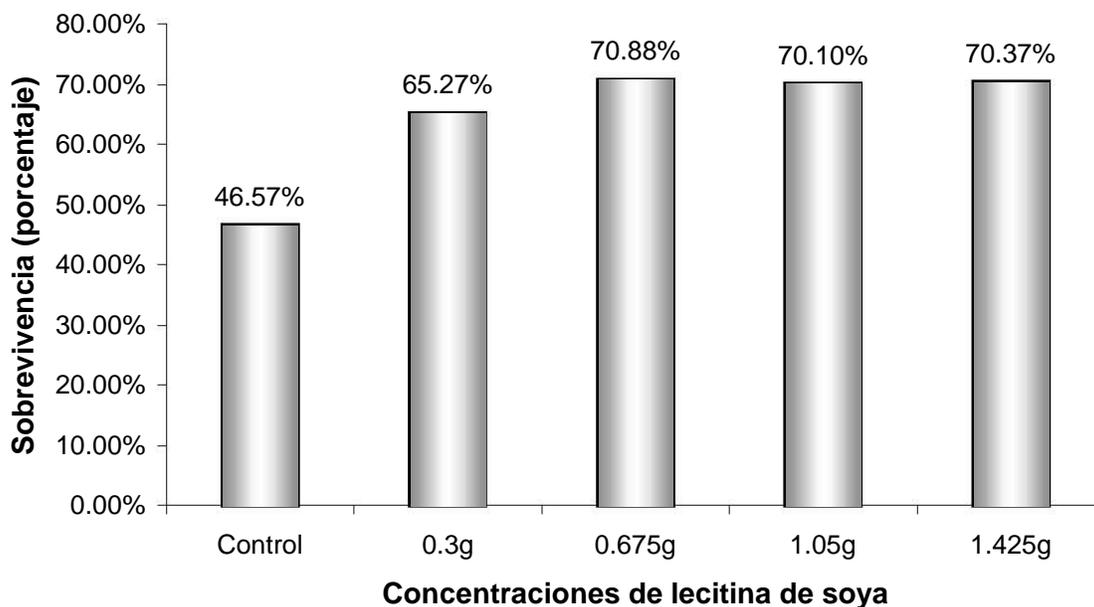


Figura 19. Porcentaje de sobrevivencia de los peces del segundo periodo reproductivo.

Los tratamientos en que las crías sobrevivientes tuvieron promedio en peso más alto que las del grupo control, fueron el de 0.675 gramos de lecitina de soya con 0.0082 g y el de 0.3 gramos de lecitina de soya con 0.006 g; al igual que las del control, las crías del tratamiento de 1.425 gramos de lecitina de soya tuvieron un peso promedio de 0.0057 g, el peso más bajo se presentó en los sobrevivientes del tratamiento de 1.05 gramos de lecitina de soya, en el que pesaron en promedio 0.0053 g. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) (Figura 20).

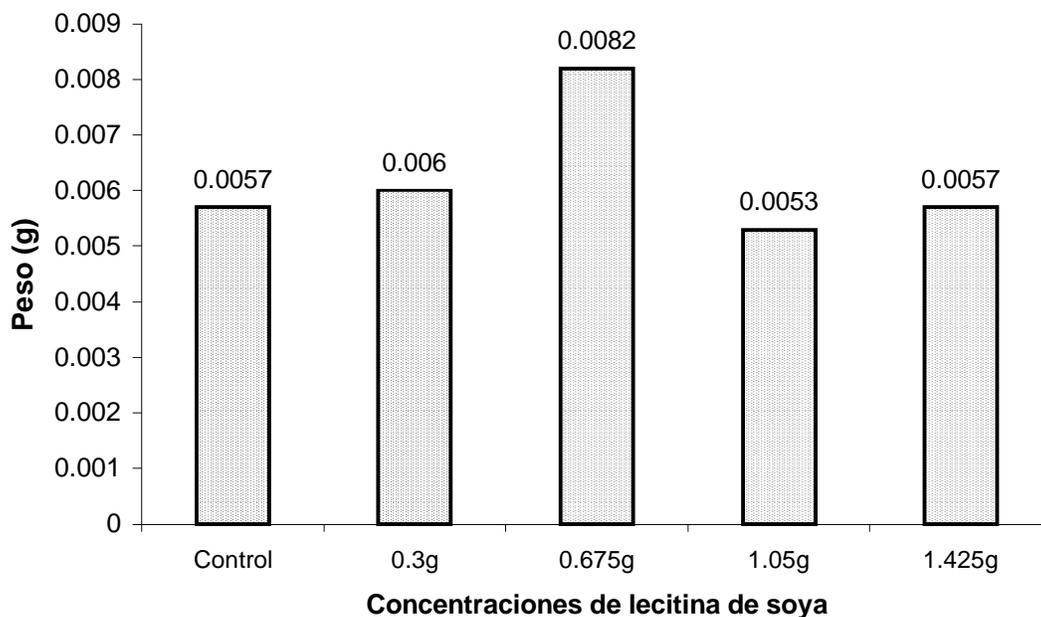


Figura 20. Pesos promedio de los peces sobrevivientes en el segundo periodo reproductivo.

La mayor longitud promedio de los peces sobrevivientes la tuvieron los del tratamiento de 0.675 gramos de lecitina de soya con 0.9444 cm, seguido de los del tratamiento de 0.3 gramos de lecitina de soya con 0.8622 cm y las del tratamiento de 1.425 gramos de lecitina de soya, con una longitud promedio de 0.8577 cm. En el grupo control la longitud fue de 0.8522 cm y la más baja se presentó en los sobrevivientes del tratamiento de 1.05 gramos de lecitina de soya, en que la longitud fue de 0.8155 cm. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) (Figura 21).

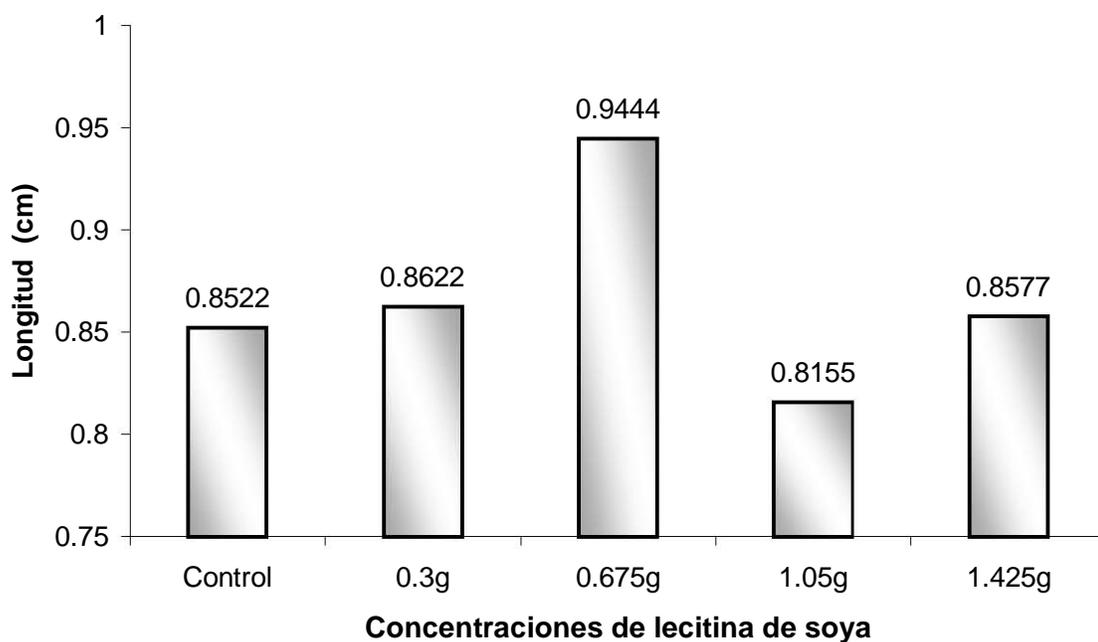


Figura 21. Longitud promedio de los peces sobrevivientes en el segundo periodo reproductivo.

La mayor tasa de incremento en peso, lo tuvieron los peces que nacieron de las hembras sometidas a una alimentación enriquecida con 0.675 gramos de lecitina de soya, con 0.06 seguidos de los peces del tratamiento de 1.05 gramos de lecitina de soya con el 0.05; las crías del control y del tratamiento que se les adicionó 1.425 gramos de lecitina de soya con 0.04; por último las crías de tratamiento de 0.3 gramos de lecitina de soya tuvieron una tasa de 0.03 (Figura 22).

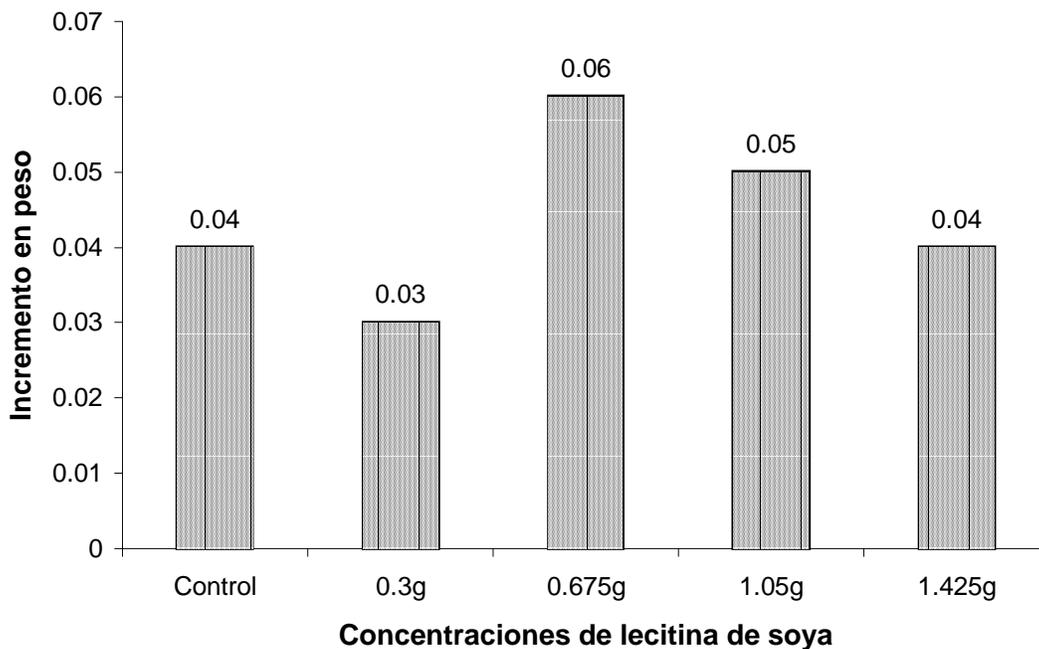


Figura 22. Tasa de crecimiento específica en peso (gramos/día) de los peces del segundo periodo reproductivo.

La mayor tasa de incremento en longitud, fue dado en los peces nacidos de las hembras del tratamiento de 0.675 gramos de lecitina de soya con una tasa de 0.026, seguido de los peces del tratamiento de 1.425 gramos de lecitina de soya con 0.014; las crías del tratamiento de 1.05 gramos de lecitina de soya tuvieron un incremento del 0.011 y las del grupo control con 0.01; finalmente, los peces del tratamiento de 0.3 gramos de lecitina de soya, con 0.008 (Figura 23).

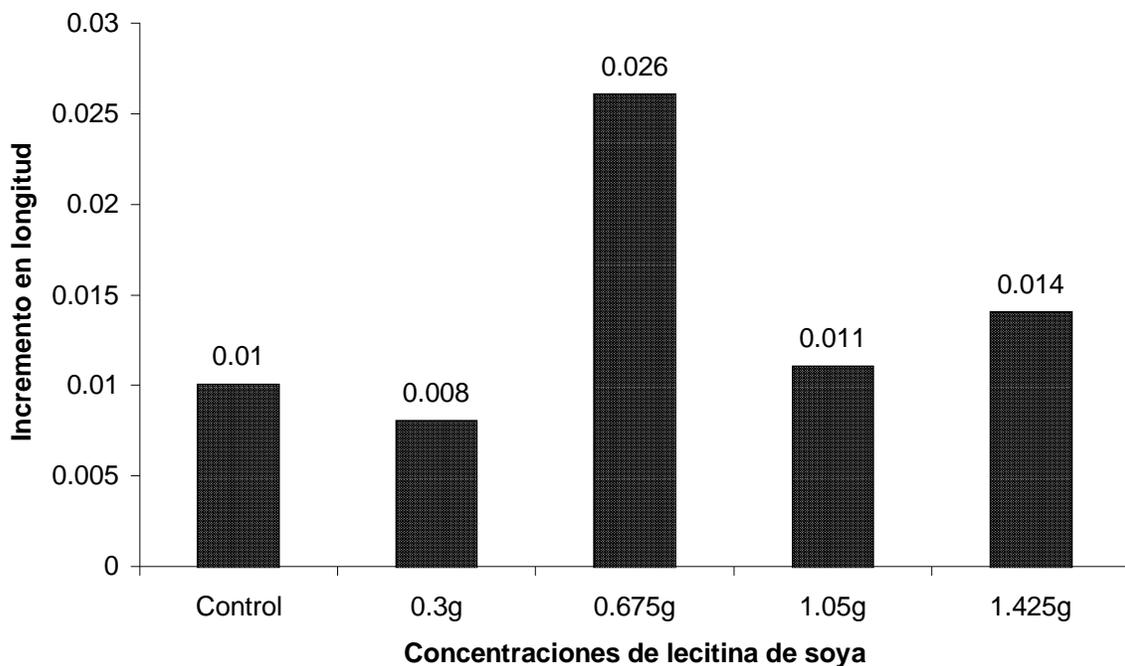


Figura 23. Tasa de crecimiento específica en longitud (cm/día) de los peces del segundo periodo reproductivo.

Los peces que tuvieron el factor de condición más alto al nacer, fueron los del tratamiento de 0.675 gramos de lecitina de soya, seguidos de los tratamientos de 1.05, 1.425, 0.3 gramos de lecitina de soya y el grupo control. En los sobrevivientes el valor más alto estuvo en los peces de los tratamientos de 0.675 y 1.05 gramos de lecitina de soya, seguidos de los tratamientos de 0.3 y el grupo control, el factor de condición más bajo se presentó en el tratamiento de 1.425 gramos de lecitina de soya (Figura 24).

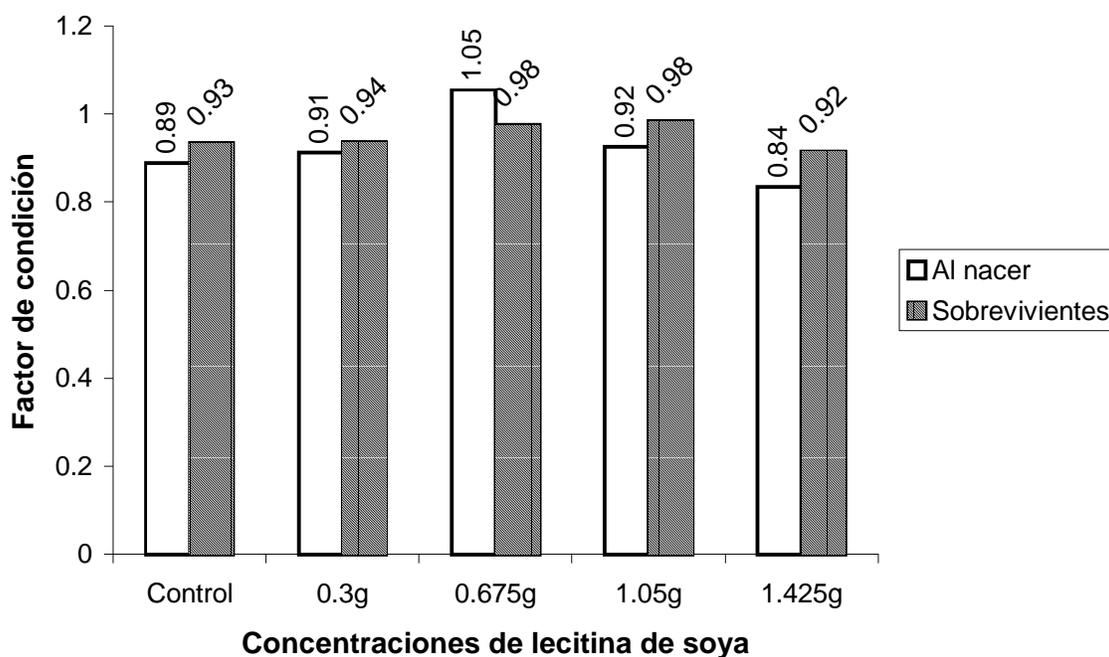


Figura 24. Factor de condición de los peces al nacer y sobrevivientes del segundo periodo reproductivo.

En el tiempo transcurrido, a partir del primer y hasta el segundo nacimiento de las crías, los valores de los parámetros fisicoquímicos fueron adecuados para la especie (Tabla 2).

Tabla 2. Características fisicoquímicas a las que estuvieron sometidos los peces entre el primer y segundo nacimiento.

TRATAMIENTOS	TEMPERATURA	pH	OXÍGENO
CONTROL	26	8.5	6.65
0.3 g	25	8.4	6.78
0.675 g	25	8.4	6.87
1.05 g	26	8.4	6.52
1.425 g	26	8.4	6.1

CARACTERÍSTICAS DE LAS HEMBRAS REPRODUCTORAS EN EL SEGUNDO PROCESO REPRODUCTIVO

Las hembras que perdieron más peso fueron las del tratamiento de 1.05 gramos de lecitina de soya con el 29.93%; las del tratamiento de 0.675 perdieron el 23.76%, seguidas de las hembras de los tratamientos de 1.425 gramos de lecitina de soya, con una pérdida de 20.98, las hembras del grupo control perdieron el 22.70%; por último, las hembras del tratamiento de 0.3 gramos de lecitina de soya, con el 19.63% fueron las que perdieron menos peso (Figura 25).

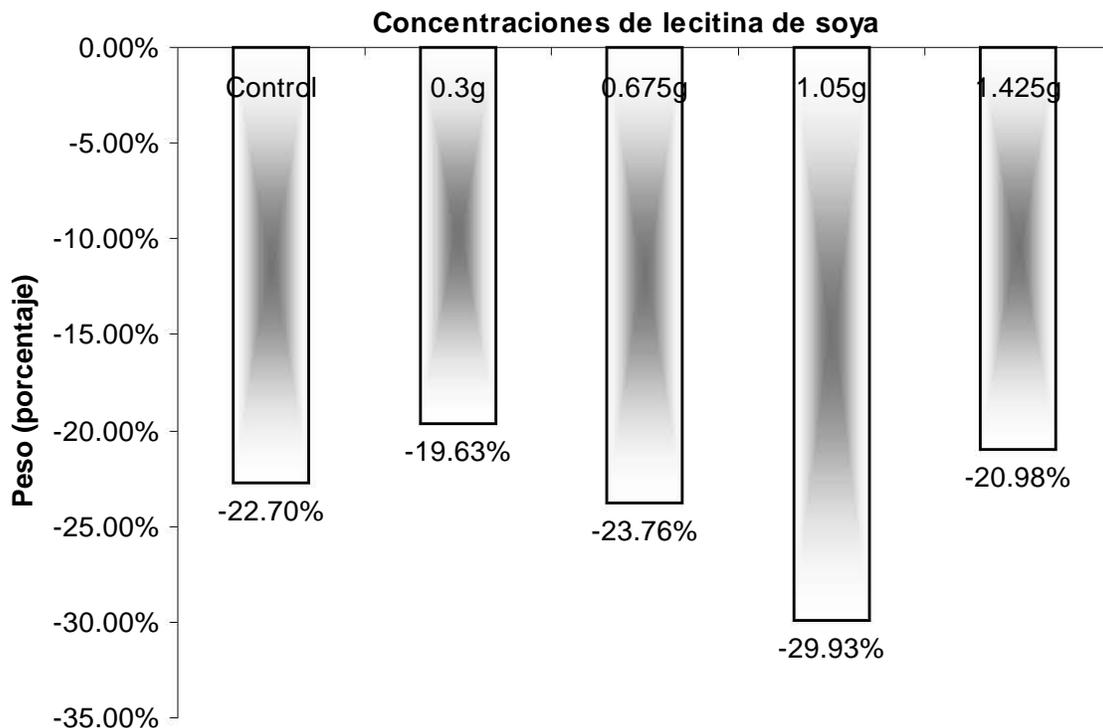


Figura 25. Porcentaje de pérdida en peso.

La mayor tasa de incremento en longitud la presentaron las hembras del tratamiento de 1.05 gramos de lecitina de soya con 0.38, seguidas de las hembras del tratamiento de 0.3 gramos de lecitina de soya con 0.32, las del tratamiento de 0.675 gramos de lecitina de soya tuvieron una tasa de 0.25, y las del tratamiento de 1.425 gramos de lecitina de soya con una tasa de 0.14, la tasa más baja la tuvieron las hembras del grupo control con 0.1 cm (Figura 26).

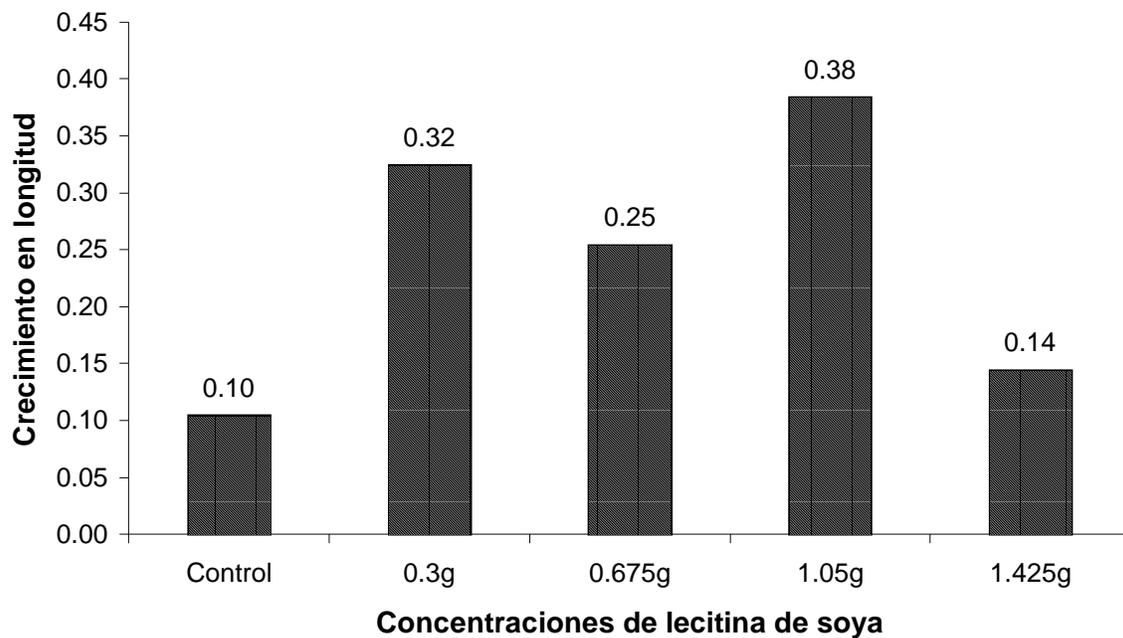


Figura 26. Tasa de crecimiento en longitud.

Antes del nacimiento de las crías, el factor de condición promedio más alto se presentó en las hembras del tratamiento de 1.05 gramos de lecitina de soya, con un valor de 2.38, posteriormente se ubicaron las hembras del grupo control con un promedio de 2.78, seguidas de las de los tratamientos de 0.675 y 0.3 gramos de lecitina de soya con valores de 2.75 y 2.57 respectivamente, finalmente se ubicaron las hembras del tratamiento de 1.425 gramos de lecitina de soya con un valor de 2.56 (Figura 27).

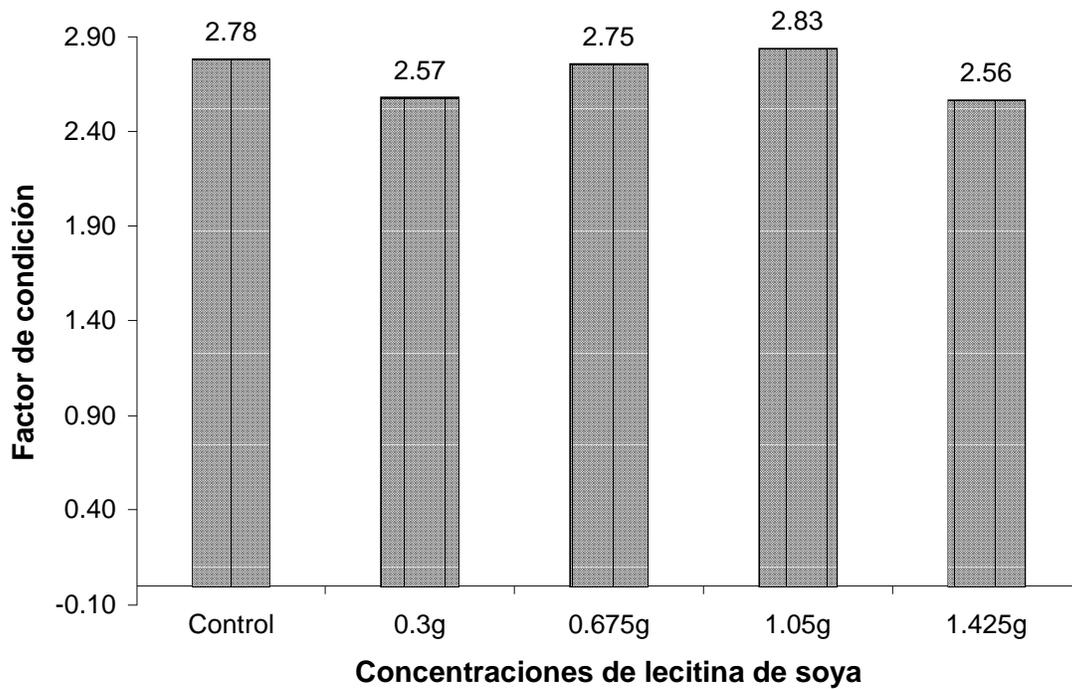


Figura 27. Factor de condición de las hembras antes de los nacimientos de las crías.

Al terminar los nacimientos de las crías, las hembras con el factor de condición más alto fueron las del grupo control con 2.17; por debajo de éste, se ubicaron las hembras de los tratamientos de 0.675 y 1.425 gramos de lecitina de soya con 1.99 y 1.98 respectivamente y las de los tratamientos de 0.3 y 1.05 gramos de lecitina de soya con promedios de 1.94 y 1.87 (Figura 28).

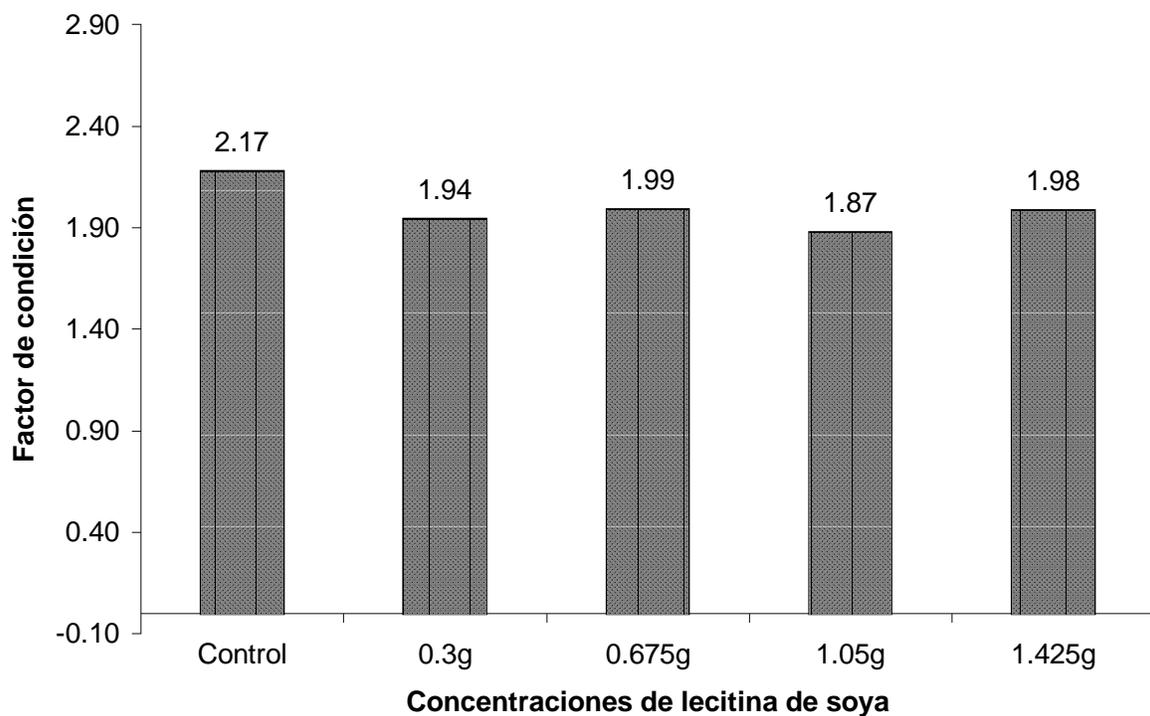


Figura 28. Factor de condición de las hembras después de los nacimientos de las crías.

Las hembras del grupo control fueron las que, en promedio, tardaron más tiempo para que se presentaran los primeros nacimientos con 69 días; las del tratamiento de 0.675 gramos de lecitina de soya fueron las que en el menor tiempo presentaron los primeros nacimientos, seguidas de las hembras de los tratamientos de 0.3, 1.05 y 1.425 gramos de lecitina de soya (Tabla 3).

Tabla 3. Días promedio transcurridos desde el inicio del experimento hasta el primer nacimiento de las crías de cada hembra de los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Control	0.3g	0.675g	1.05g	1.425g
Promedio	69	59	56	64	67

Las hembras que tardaron más tiempo para que se presentara el segundo nacimiento, nuevamente, fueron las del grupo control con un promedio de 117 días, las que menos tardaron fueron las del tratamiento de 1.425 gramos de lecitina de soya con 59 días, seguidas de las de los tratamientos de 0.3, 0.675 y 1.05 gramos de lecitina de soya (Tabla 4).

Tabla 4. Días promedio transcurridos entre el primer y segundo nacimiento de las crías de cada hembra de los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Control	0.3g	0.675g	1.05g	1.425g
Promedio	117	63	80	83	59

DISCUSIÓN

La fecundidad, que se considera como el número de huevos o de crías producidas por una hembra a lo largo de un año (Blaxter, 1969; Lagler, 1984) y que en el caso de los guppys va de 10 a 50 crías por ciclo reproductivo, en el presente trabajo se observó un incremento de ésta, tanto en la primera como en la segunda reproducción, a medida que aumentó la dosis de lecitina de soya en la dieta, así la mayor cantidad de crías nacidas se registró en las hembras del tratamiento de 1.425 gramos de lecitina de soya con un promedio de 45 y 36 crías por hembra, en la primer y segunda reproducción, respectivamente. La menor fecundidad en el primer nacimiento se presentó en las hembras del tratamiento de 0.3 gramos de lecitina de soya, en el segundo, en las hembras del grupo control. Por lo tanto se puede asegurar que la adición de lecitina de soya en la dieta tuvo un efecto positivo y que los peces alimentados con ella tuvieron más recursos energéticos para lograr una mejor reproducción, ya que se sabe que la energía contenida en la dieta se destina en función del estadio de desarrollo del individuo, en crías a crecer y en adultos a su maduración sexual (Granado, 1996). Con relación a lo anterior, estudios realizados por (Scott, 1961) indican que en la trucha arco iris *Salmo gairdneri*, una dieta insuficiente causa una reducción en la producción de huevos; en los guppys (Hester, 1963) menciona que las hembras que son mantenidas con raciones pobres tienen muy poca progenie. Cabe mencionar que en ninguno de los tratamientos se presentó una fecundidad menor a la reportada anteriormente para el guppy.

En cuanto al peso de las crías al nacer se observó que, las crías que nacieron en menor número en la primer reproducción, es decir las del tratamiento de 0.3 gramos de lecitina de soya, tuvieron mayor peso y longitud que las que nacieron en mayor cantidad, es decir las de los tratamientos 1.05 y 1.425 gramos de lecitina de soya; en la segunda reproducción fueron las crías de las hembras del tratamiento de 0.675 gramos de lecitina de soya las que presentaron el peso y longitud mayores al nacer, ya que en esta ocasión también fueron de los peces que nacieron en menor cantidad; los valores más bajos los presentaron

nuevamente las crías de las hembras de los tratamientos de 1.05 y 1.425 gramos de lecitina de soya. Lo cual confirma lo mencionado por diversos autores (Pope *et al.*, 1961; Nikolsky, 1963; Bagenal, 1966) que existe una marcada tendencia que relaciona de manera inversa a la fecundidad con el tamaño de los huevos o de las crías producidas, es decir que si la fecundidad es alta las crías o los huevos tendrán tamaños y pesos pequeños y si es baja los huevos o las crías tendrán tamaños y pesos mayores. En el caso de los guppys (Hester, 1963) menciona que estos al nacer presentan una longitud que va de 0.6 a 1 cm y los resultados aquí obtenidos se encuentran dentro de ese intervalo, siendo la más baja de 0.77 cm y la más alta de 0.9255 cm.

Un aspecto de suma importancia, en cuanto a la reproducción de peces, es la sobrevivencia de los nacidos, ya que es en ésta donde radica el éxito en el cultivo de estos organismos. En los dos periodos reproductivos el más bajo porcentaje de sobrevivencia lo tuvieron las crías del grupo control y el mayor porcentaje de sobrevivencia, tanto en el primer como en el segundo, fue presentado en las crías de las hembras del tratamiento de 0.675 gramos de lecitina de soya. Estos resultados obtenidos están de acuerdo con lo encontrado por varios autores, (Coutteau *et al.*, 1997; Teshima, 1997), quienes han documentado el efecto benéfico de los fosfolípidos en el crecimiento y sobrevivencia de varias especies de peces marinos y camarones en estados larvarios y juveniles, incluyendo algunas especies de camarones peneidos. Lo anterior puede explicarse también debido a que éstas fueron de las crías más grandes y por lo tanto son capaces de tomar mayor cantidad de alimento, y que probablemente pueden soportar mejor los periodos en los que haya poco alimento disponible (Blaxter y Hempel, 1963). Además de que sus capacidades sensoriales y de nado, son mayores que los que nacen con tamaños menores (Wootton, 1992). Esto se confirma verificando el peso de los peces sobrevivientes, ya que los valores más altos se registraron en las crías nacidas en los tratamientos de 0.3 y 0.675 gramos de lecitina de soya, siguiendo la misma tendencia para el segundo ciclo de reproducción.

De igual forma, con relación a la longitud de los sobrevivientes, los más grandes nuevamente se presentaron en los tratamientos de 0.3 y 0.675 gramos de lecitina de soya para ambos nacimientos.

Los sobrevivientes, en la primer reproducción, que tuvieron la menor longitud fueron los del control y en la segunda, los del tratamiento de 1.05 gramos de lecitina de soya. Como consecuencia de lo mencionado anteriormente, las crías sobrevivientes del tratamiento de 0.675 gramos de lecitina de soya, fueron las que presentaron una mayor tasa de incremento en peso en los dos periodos reproductivos. En cuanto a la tasa de incremento en longitud, las crías del tratamiento de 0.3 gramos de lecitina de soya tuvieron el mayor valor en el primer ciclo reproductivo y las crías del tratamiento de 0.675 gramos de lecitina de soya nuevamente tuvieron el mayor incremento en el segundo ciclo de reproducción.

Las crías que en la primer reproducción al nacer tuvieron el factor de condición más alto, así como las sobrevivientes, fueron las del tratamiento de 1.425 gramos de lecitina de soya. En la segunda, las que nacieron y sobrevivieron con el factor de condición más alto fueron las del tratamiento de 0.675 gramos de lecitina de soya. Con estos resultados se confirma lo encontrado en un estudio previo (Perea, 2004) en el que utilizó crías de guppy para evaluar su crecimiento y encontró que los peces a los que les adicionó 1.425 gramos de lecitina de soya en su dieta tuvieron el factor de condición más alto, seguidas de las crías que les adicionó 0.675 gramos de lecitina de soya.

Las hembras que más peso perdieron al nacer las crías en el primer proceso reproductivo fueron las de los tratamientos de 0.3 de lecitina de soya, ya que éstas hembras fueron las que tuvieron las crías con mayor peso y longitud; a su vez, las hembras del tratamiento de 1.425 gramos de lecitina de soya, también tuvieron gran pérdida en peso, debido a que éstas fueron las que presentaron la mayor producción de crías. Para el segundo ciclo de reproducción, las hembras que perdieron más peso fueron las del tratamiento de 1.05 gramos de lecitina de soya, las hembras de este tratamiento también fueron de las que tuvieron mayor cantidad de crías. En relación a esto (Pope *et al.*,

1961; Nikolsky, 1963; Bagenal, 1966) mencionan que la fecundidad se incrementa si el peso de las hembras también incrementa.

Respecto al incremento en longitud de las hembras después del primer nacimiento de las crías el mayor fue registrado en las del tratamiento de 0.675 gramos de lecitina de soya, en el segundo nacimiento el mayor incremento lo tuvieron las hembras del tratamiento de 1.05 gramos de lecitina de soya. También en este caso, (Pope *et al.*, 1961; Nikolsky, 1963; Bagenal, 1966) encontraron que la fecundidad es de igual forma incrementada si las madres aumentan en longitud.

En el caso de los guppys la producción de crías, en cautiverio, se da en intervalos de aproximadamente cuatro semanas (Lagler *et al.*, 1984; Scott, 1987). En el presente trabajo las hembras del grupo control fueron las que más tiempo tardaron entre un nacimiento y otro, lo cual sugiere que éstas hembras tuvieron un mayor costo reproductivo, que se evidenció en el tiempo transcurrido entre los diferentes nacimientos, esto indica que no tuvieron una buena condición lo cual está en función de la energía contenida en el alimento (Bell y Koufopanou, 1986). Ya que en comparación con los demás tratamientos, al no haberles adicionado lecitina de soya no tuvieron suficiente energía disponible para disminuir el tiempo entre los nacimientos, lo anterior confirma lo mencionado por (Wootton, 1990), que el costo reproductivo puede ser expresado en una disminución del crecimiento y de la fecundidad futura. Ya que un pez que es alimentado con dietas pobres en nutrientes, le cuesta más tener una buena fecundidad y sus crías tendrán una baja sobrevivencia, sin embargo, un pez bien alimentado su fecundidad será alta y la sobrevivencia será mayor. Por lo tanto se puede afirmar que la adición de lecitina de soya en la dieta trajo consigo que las hembras la metabolizaran de una manera eficaz, logrando así tener más recursos energéticos; en los peces existen un gran número de ácidos grasos, que forman parte de sus grasas y aceites, pero estos ácidos se encuentran menos saturados que los de los animales terrestres, e inclusive de los que intervienen en la formación de los aceites vegetales. Por ejemplo, su contenido de ácido oleico, un precursor del colesterol, es relativamente bajo. Por esta razón, los peces de consumo han sido considerados como benéficos al formar parte de

la dieta humana, ya que no influyen mucho en el endurecimiento patológico de las arterias y porque no acumulan grasas.

La lecitina natural de soya, presenta como principales constituyentes fosfolípidos, los cuales son compuestos formados por glicerol, esfingosinas, ácidos grasos, ácido fosfórico y además por colinas, serina, etanolamina e inositol. (Lagler *et al.* 1990; Ingleton, 1971; Iveson, 1972). El efecto benéfico de la lecitina de soya se vio reflejado, además de obtener un mayor número de crías y una mejor sobrevivencia, en la reducción del tiempo entre los nacimientos.

Debido a que es de gran importancia conocer el estado en que se encuentren los peces bajo condiciones particulares, el factor de condición es muy útil, porque nos proporciona una idea del estado físico del pez, en términos numéricos (Medina, 1976). En este trabajo, tanto antes como después del primer nacimiento de las crías, las hembras del tratamiento de 0.3 gramos de lecitina de soya fueron las que tuvieron el factor de condición más alto, el más bajo las del tratamiento de 0.675 gramos de lecitina de soya. Para los segundos nacimientos, antes de éstos, el factor de condición más alto lo presentaron las hembras del tratamiento de 1.05 gramos de lecitina de soya y el más bajo las del tratamiento de 1.425 gramos de lecitina de soya.

Al término de los nacimientos el más alto lo tuvieron las hembras del grupo control y el más bajo las del tratamiento de 1.05 gramos de lecitina de soya. Estas fluctuaciones en el factor de condición se explican fácilmente ya que éste depende 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 (Steffens, 1987), en este caso el factor de condición fue influenciado por la producción de las crías y también por la liberación de ellas mediante los partos, debido a que al quedar preñadas las hembras su peso aumenta considerablemente durante el desarrollo de los embriones, lo cual trae como consecuencia que se obtengan valores altos en el factor de condición y por el contrario, pierden peso una vez que han nacido las crías, lo cual ocasiona que se obtengan valores menores, ya que el

factor de condición se ve más que nada influenciado por el peso de los organismos.

Cuando se está probando el efecto de una dieta sobre los organismos, es de vital importancia mantenerlos bajo las condiciones ambientales adecuadas para la especie bajo experimentación, ya que éstas influyen de manera importante sobre ellos; en particular para la reproducción de los peces, los factores ambientales más importantes son la temperatura y el fotoperíodo (Wootton y Potts 1984). En el presente trabajo éstas variables, además del 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 alguna sobre los resultados obtenidos, ya que en trabajos anteriores como el de (Dzikowski *et al.*, 2001) establecen que la temperatura en la cual se obtiene una óptima reproducción en el guppy es de 25 - 27°C y (Sandford, 1996) menciona que el pH que soporta se ubica entre 7,0 y 8,5 y una dureza de 4-30° dH.

En los peces, particularmente los que se encuentran en cautiverio, la nutrición juega un papel muy importante, ya que no tienen a su disposición el alimento natural. Debido a esto, las formulaciones alimenticias deben estar fisiológicamente balanceadas, ser ricas en proteínas, carbohidratos y grasas, además de contener vitaminas y minerales para un óptimo crecimiento y lograr una sana reproducción. La deficiencia en alguno de estos elementos, se ve reflejada en un pobre crecimiento, además de que puede causar enfermedades e incluso la muerte (Shim, 1991). Esta situación fue también planteada por Kanazawa (1993), poniendo en relevancia la importancia de los fosfolípidos en el crecimiento y sobrevivencia en peces y crustáceos; y Sales y Geert (2003), específicamente para peces de ornato, hacen hincapié en la importancia de suplementar los ácidos grasos n-3 altamente insaturados.

Con la expansión internacional del cultivo de peces y crustáceos, se ha incrementado la atención que se venía dando a los alimentos para las especies acuáticas, además de los ingredientes que son utilizados para crear estos alimentos. Un gran interés ha sido dirigido a satisfacer las

demandas comunes en los sistemas de cultivo intensivo de peces y crustáceos. Dietas experimentales y estudios nutricionales detallados, están previendo evidencia creciente del valor de la lecitina de soya como suplemento, especialmente la efectividad de la fosfatidilcolina y colina por sí misma (Meyers, 1990).

Estudios realizados con *Penaeus japonicus* (Kontara *et al.*, 1998), indican que estos efectos benéficos de los fosfolípidos pueden deberse a una mejor movilización de los lípidos dentro del intestino dentro de la hemolinfa, lo cual da como resultado un incremento de la deposición en los tejidos, además de un incremento de la energía disponible para el crecimiento. Esto, de acuerdo con una hipótesis temprana, explica el benéfico efecto de la lecitina de soya en el transporte y utilización del colesterol en camarones peneidos (Teshima *et al.*, 1986) y en la langosta americana (D'Abramo *et al.*, 1985).

El guppy es un pez que se comercializa prácticamente en todo el mundo, lo podemos encontrar en cualquier tienda dedicada a la venta de animales de acuarios, esto gracias a que son muy resistentes y se adaptan muy fácilmente a diferentes condiciones del agua, además de que su aspecto es muy llamativo, con sus maravillosos colores y comportamiento vivaz. Debido a esto, es de gran importancia desarrollar alimentos y metodologías que nos ayuden a optimizar su reproducción (y la de otras especies), para poder así ofrecer mejores cosechas a los cultivadores, lo cual se verá traducido en mayores ganancias económicas.

Por todo lo mencionado anteriormente, se propone para las condiciones planteadas el administrar 0.675 gramos de lecitina de soya, ya que si bien no se asegura un mayor número de individuos producidos, pero si en cantidad considerable, si se garantizan tallas y pesos mayores, así como un mayor número de sobrevivientes en las primeras fases de vida del pez.

CONCLUSIONES

- ✿ La administración de la lecitina de soya tuvo un efecto positivo en la reproducción del guppy.
- ✿ En cuanto a la producción de crías, el mejor tratamiento fue el de 1.425 gramos de lecitina de soya, con un promedio de 36 y 45 individuos por hembra en el primer y segundo ciclo reproductivo, respectivamente.
- ✿ El tratamiento, en el cual nacieron las crías con tallas y pesos mayores, fue el de 0.3 gramos de lecitina de soya con un promedio de 0.875 cm y 0.0114 gramos, respectivamente.
- ✿ Respecto a la sobrevivencia de las crías, el mejor tratamiento fue el de 0.675 gramos de lecitina de soya, en el que sobrevivió más del 80% de los peces.
- ✿ El mejor tratamiento, en cuanto a incremento en peso como en longitud de las crías, fue el de 0.675 gramos de lecitina de soya, con un incremento en promedio del 0.05 y 0.018 respectivamente.
- ✿ Los tratamientos en los que transcurrió menos tiempo para que se presentaran los nacimientos de las crías fueron los de 0.675 y 1.425 gramos de lecitina de soya, con 59 y 63 días, en el primer y segundo proceso reproductivo, respectivamente.

APÉNDICE

POSICIÓN TAXONÓMICA DE *Poecilia reticulata*

REINO: Animalia
SUBREINO: Metazoa
PHYLLUM: Chordata
SUBPHYLLUM: Vertebrata
DIVISIÓN: Gnathostomata
SUPERCLASE: Pisces
CLASE: Osteichthyes
SUBCLASE: Actinopterygii
ORDEN: Cyprinodontiformes
SUBORDEN: Cyprinodontoidei
FAMILIA: Poeciliidae
GÉNERO: *Poecilia*
ESPECIE: *Poecilia reticulata*
NOMBRE COMÚN: Guppy



Guppy macho



Guppy hembra

Taxonomía de la especie según Álvarez del Villar (1970) y Lagler *et al.* (1990).

Peces notablemente pequeños y con dimorfismo sexual muy marcado. Ambas ramas del cuarto radio de la aleta anal masculina, segundo del gonopodio, con sierra. Prepecio membranoso muy desarrollado. Aleta dorsal con 7 a 8 radios, 8 a 9 en la anal. De 26 a 28 escamas en una serie longitudinal. Introducida a varias localidades mexicanas; abundante en el Alto Balsas y el Valle de México.

LITERATURA CITADA

Álvarez Del Villar, J., 1970. **Peces mexicanos** (claves). Serie Investigación Pesquera Estudio No. 1. Instituto Nacional de Investigaciones Pesqueras. México. 166 p.

Anónimo., 1986. **Nutrición acuícola, elementos básicos**. *Acuavisión, revista mexicana de acuicultura*. 1(4) julio-agosto: 30-31.

Bagenal, T.B., 1966. The ecological and geographical aspects of the fecundity of plaice. *J. Marine Biol. Assoc. U. K.* (46): 161-186.

Bell, G. y Koufopanou, V., 1986. The cost of reproduction in *Oxford Surveys of Evolutionary Biology*, (3): 83-131.

Becerril, P. R. y Velázquez de la M., 1987. **Efecto de una dieta tipo vs. una dieta comercial sobre el rendimiento de la cría de la trucha arco iris**(*Salmo gairdneri* Richardson). Tesis de Licenciatura (Biología), FES-Zaragoza, UNAM. México. 54 p.

Bergot, P., Charlon, N., Coutteau, P., Gourden, I. y Marion, D., 1998. Comparison of different soybean phospholipidic fractions as dietary supplements for common carp, *Cyprinus carpio*, larvae. *Aquaculture* 161(1-4): 225-235.

Blanco, C. M. C., 1995. **La trucha, cría industrial**. Mundi-Prensa. Madrid, España. 503p.

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.

Blaxter, J. H. S. y Hempel, G., 1963. The influence of egg size on herring larvae *Cuplea harengus*. *J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer*, (28): 211-240.

Botello, C. A., 2002. **Estudio de algunos aspectos reproductivos en *Poecilia reticulata* (Pises: Poeciliidae) del lago del Parque Tezozomoc, Azcapotzalco.** Tesis de Licenciatura (Biología), Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. México. 43p.

Chaumeton, H., 1991. **Guía de los peces de acuario.** Ediciones Omega. Barcelona, España. 256 p.

Coutteau, P., Geurden, I., Camera, M. R., Bergot, P. y Sorgeloos, P., 1997. Review on the dietary effects of phospholipids in fish and crustacean larviculture. *Aquaculture* (155): 149-164

Craig, S. R. y Gatlin, D. M. II., 1997. Growth and body composition of juvenile red drum (*Sciaenops ocellatus*) fed diets containing lecithin and supplemental choline. *Aquaculture* 151(1-4): 259-267.

Cruz, S. L. E., Ricque, M. D. y Domínguez, J. V. P., 1996. **Utilización de la lecitina de soya en la nutrición acuícola: Crustáceos.**

<http://www.ag.uiuc.edu/~asala/espanol/nutricionanimal/publicaciones>

D' Abramo, L. R. Baum, N. A., Bordner, C. E., Conklin, D. E. y Chong, E. S., 1985. Diet- dependent colesterol transport in the American Lobster. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* (87): 83-96.

Daniel, W. W., 2004. **Bioestadística.** Editorial Limusa. México. 755 p.

Dzikowski, R., Hulata, G., Karplus, I. y Harpaz, S. 2001. Effect of temperature and dietary L-carnitine supplementation on reproductive performance of female guppy (*Poecilia reticulata*). *Aquaculture* 199 (3-4): 323-332.

García, B. D., 2001. **Evaluación del crecimiento de tres especies de Poecilidos (*Poecilia reticulata*, *Poecilia sphenops* y *Xiphophorus helleri*) y determinación de la producción de crías en estanquería con aguas tratadas.** Tesis profesional (Biología) Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. 75 p.

Gong, H., Lawrence, A. L., Jiang, D. H., Castille, F. L. y Gatlin, D. M. 2000. Lipid nutrition of juvenile *Litopenaeus vannamei* I. Dietary cholesterol and de-oiled soy lecithin requirements and their interaction. *Aquaculture* 190(3-4): 305-324.

Granado, L. C., 1996. **Ecología de peces.** Secretariado de publicaciones de la Universidad de Sevilla. España. Pp. 17-18.

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.

Ingleton, J. F., 1971. Comercial lecithin, its use and composition. *Cofet. Prod.* 37: 279-280.

Iveson, H. T., 1972. Soybean lecithin. *Soybean digest.* 21: 16.

Jiménez, B. M. L. y Bracamontes, M. M., 1987. **Efecto de una dieta tipo con respecto a una dieta comercial sobre el rendimiento de la trucha arco iris (*Salmo gairdneri*) durante el estadio juvenil (10-20cm) bajo sistema intensivo.** Tesis de Licenciatura, FES- Zaragoza, UNAM. México. 70 p.

Kanazawa, A., 1993. Essential phospholipids of fish and crustaceans. *Fish nutrition in practice.* Colloques Institut national de la recherche agronomique, Paris, France.(61). Pp. 519-530.

Kontara, E. K. M., Djunaidah, I. S., Coutteau, P. y Sorgeloos, P., 1998. Comparison of native, lyso and hydrogenated soybean phosphatidylcoline as source of phospholipids in the diet of postlarval *Penaeus japonicus*. *Arch. Aim. Nutr.*(51): 1-19.

Lagler, K. F., Bardach, J. E., Miller, R. R. y May Passino, D. R., 1984. **Ictiología**. AGT Editor. México, D. F. Pp. 5-6.

Luna-Figueroa, J., Figueroa, T. J. y Hernández de la R., 2000. Efecto de alimentos con diferente contenido proteico en la reproducción del pez ángel *Pterophyllum scalare* variedad perlada (Pisces: Cichlidae). *Ciencia y Mar* 4(11): 3-9.

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*. Memorias del simposio sobre pesquerías en aguas continentales. Tomo I. Tuxtla Gutiérrez, México, 207-217.

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

Meyers, S. P., 1990. Towards better fish feeding: lecithin and phospholipids. *Feed Management*. 41(8):12-14.

Mills, D., 1986. **Guía del acuario**. Omega. Barcelona, España. 287 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 del guppy (*Poecilia reticulata*)**. Tesis profesional (Biología) Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. 52 p.

Pope, J. A., Mills, D. H. y Shearer, W. M., 1961. The fecundity of Atlantic salmon *Salmo salar*. *Freshwater Salmon Fisheries Res. Scotland* (26): 1-12.

Re-Araujo, A. D., 1999. La lecitina de soya en la nutrición acuícola. *Panorama acuícola* 4(3) marzo-abril: 16-18.

Ricker, W. E., 1975. **Computation and interpretation of biological statistics of fish populations**. Fisheries and Marine Service, Bull. 191. 382 p.

Salas, J. y Garrido, C., 2002. **La reproducción del guppy, platy y xipho**. <http://www.drpez.com/drguppy.htm>

Sales, J. y Geert, P. J., 2003. Nutrient requirements of ornamental fish. *Aquatic Living Resources* 16(6):533-540.

Sandford, G., 1996. **Peces de acuario**. Omega. Barcelona, España. 256 p.

Scott, D. P. 1961. Effect of food quantity on fecundity of rainbow trout *Salmo gairdneri*. *J. Fisheries Res. Board Can.* (19): 715-731.

Scott, P. W., 1987. **An interpet guide to livebearing fishes**. Salamander Books. York Way, London. 117 p.

Shim, K. F., 1991. Some studies on the protein requirement of the guppy (*Poecilia reticulata*). *Journal of Aquaculture and Aquatic Science*. 4: 79-84.

Stevenson, J. P., (Sin año). **Manual de cría de la trucha**. Acribia. Zaragoza, España. 219p.

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

Teshima, S., 1997. Phospholipids and sterols. In: D' Abramo, L. R., Conklin, D. E. (eds), *Crustacean Nutrition*, (6) *World Aquaculture Society*, Baton Rouge, LA. 85-107.

Teshima, S., Kanazawa, A. y Kakuta, Y., 1986. Role of dietary phospholipids in the transport of ^{14}C tripalmitin in the prawn. *Bull. Jpn. Soc. Sci. fish.*(52): 519-524.

Tocher, D. R., 2003. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. *Reviews in Fisheries Science* 11(2): 107-184.

Wootton, R. J., 1990. **Ecology of teleost fishes**. Padstow, Cornwall. 403 p.

Wootton, R. J., 1992. **Fish Ecology**. Chapman and Hall. New York. 212 p.

Wootton, R. J. y Potts, G. W., 1984. **Fish Reproduction: Strategies and Tactics**. Academic Press. London. 410 p.

Zar, J. H., 1999. **Biostatistical analysis**. 4^a edición. Prentice Hall, New Jersey, 931 p.