



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

DETERMINACION DEL CRECIMIENTO DE CRIAS DE JAPONESES (Carassius auratus) APLICANDO DIFERENTES CONCENTRACIONES DE COBAMAMIDA.

297590

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G A

P R E S E N T A :

ESPINOZA DEL VALLE GUENIA AMERICA

DE LA BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO TESIS NO SALE

DIRECTORA: BIOL. ASELA RODRIGUEZ VARELA

ASESOR: M. EN C. ADOLFO CRUZ GOMEZ



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 Bióloga Ásela Rodríguez Varela, instituciones a los que agradezco su apoyo.



Este trabajo esta dedicado a una gran Sra.

Ma. Antonieta Veytia Martínez

*Quien gracias a su gran amor, su increíble
fuerza y ejemplo, me enseñó como enfrentar
problemas, poner empeño en lo que hago,
pero sobre todo a nunca darme por vencida y así
alcanzar mis sueños y metas. De todo corazón*

Abuelita y desde donde nos observas

Muchas Gracias.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer el apoyo, la dirección, pero sobre todo por su amistad a la Biol. Ásela Rodríguez Varela y al M. en C. Adolfo Cruz Gómez, que además de ser excelentes profesores, son grandes seres humanos.

A la Dra. Norma Navarrete Salgado, M. en C. Alba Márquez Espinoza y al Biol. Mario A. Fernández Araiza por su valioso tiempo y sugerencias.

A la Biol. Martha López Carmona por su apoyo.

Al Act. Jorge A. Valero y Santillán y al Ing. Sergio Izunza González, por apoyarme y darme siempre sabios consejos.

Al Ing. Jesús Antonio Valle Veytia por sus consejos y para ver si con esto ya no me dice "química".

A todos muchas gracias por su tiempo y por su gran ayuda, sin todos ustedes nunca podría haber llegado hasta aquí.

Tengo mucho que agradecer y a muchas personas a las cuales dar las gracias, así que empecemos.

A Dios..... por obvias razones.

A mis padres, Ignacio y Ma. Elena..... por darme siempre su apoyo y amor.

A mis hermanos, Claudia y Rene..... por aguantar tanta neurosis.

A mis Abuelas, Ma. Eugenia y Leonor..... por estar siempre pendientes de mi.

A mis tíos; Jesús Antonio, Tere, Jorge Vera, Lucy, María, Gilda, Jorge, Sergio, Blanca..... por ser geniales y aguantarme.

A mis primos; Fabiola, Daniel, Sebastián, Bárbara, Aranzazu, Ma. Antonieta y Ana Laura..... por escuchar pacientemente todas mis charlas, tal vez sin entender nada.

A mis amigos de siempre; Erica, Claudia, Artemio, Erick, Lucy, Mary, Alfredo y Paco..... que cuando lean este trabajo, tal vez no entiendan nada, pero aun así me apoyan.

A mis amigos y compañeros; Marisol, Tere, Rocío, Verónica, Sandra, Edgar, Luis Manuel, Eduardo, Leonardo, y todos los que me falten..... que cuando lean este trabajo, por favor me digan que le entienden.

Al mejor amigo que puedo tener, Guillermo..... por ser mi conciencia y mi confidente, por tenerme confianza y por aguantar mi neurosis.

Por último, pero no por eso menos importante

A Marcel..... por estar conmigo (que es bastante trabajo), por amarme y formar parte de mi vida. Gracias flaco por tu apoyo, comprensión y tu gran aguante.

Í N D I C E

| | |
|--------------------------------|----|
| I. RESUMEN | 7 |
| II. INTRODUCCIÓN | 8 |
| III. ANTECEDENTES..... | 14 |
| IV. OBJETIVO GENERAL | 16 |
| V. METODOLOGÍA | 17 |
| VI. RESULTADOS..... | 23 |
| VII. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN..... | 46 |
| VIII. CONCLUSIÓN | 51 |
| IX. LITERATURA CITADA | 52 |

I. RESUMEN

Desde que el hombre empezó a criar animales para su alimentación, ha buscado la manera de mejorar la productividad. Los logros obtenidos son evidentes y espectaculares en los últimos años. A esta mejora en la producción animal han contribuido varios aspectos; el mejor conocimiento de la fisiología de los animales, optimizando la capacidad reproductora de los mismos; las mejores instalaciones, higiene, manejo y alimentación, adecuándolas a cada especie animal. Estos métodos de mejora y selección natural han ido complementándose en las últimas épocas con métodos artificiales, en los que el hombre manipula a los animales utilizando ingeniería genética, inseminación artificial y la utilización de sustancias que modifican artificialmente el crecimiento de los animales, los llamados genéricamente promotores del crecimiento. En el presente trabajo se aplicaron diferentes concentraciones de cobamamida (coenzima de la vitamina B₁₂) a crías de peces japoneses (*Carassius auratus* var. *bicaudatus*) durante 175 días. Los organismos se colocaron en 5 acuarios de 51cm x 29cm x 26cm (un control y cuatro experimentales) cada uno con 10 crías de japoneses sello rojo de aproximadamente dos semanas de eclosión; se alimentaron con cuatro dietas experimentales (50 g de alimento comercial marca Warley + 1 a 4 mg de cobamamida). Las crías se midieron con un vernier de precisión, registrando la longitud total. Se pesaron con una balanza Procket Pro C/50, con capacidad máxima de 10g (graduación 0.002 g), utilizando el método de pesaje húmedo para disminuir la mortalidad por manipulación. Se tomó el 15% de la biomasa total dividida en dos raciones, para suministrar las diferentes dietas experimentales. Se realizaron monitoreos de parámetros fisicoquímicos como oxígeno disuelto, nitritos, nitratos, mediante métodos de titulación y colorimetría; mientras que el pH se registró con un potenciómetro. Se realizaron cambios parciales del 20% del agua cada semana, además de lavar los filtros y sifonear cada uno de los sistemas. Todos los grupos experimentales presentaron un incremento de peso y longitud, siendo la mejor concentración la de 2 mg de cobamamida/50g de alimento incrementando 0.1802 mm/día y 0.0043 mg/día, la concentración que menor incremento presentó fue la de 1 mg/50g de alimento con 0.1298 mm/día y 0.0026 mg/día. Es importante seguir realizando estudios respecto a este promotor del crecimiento, ya que su utilización es más económica y de aplicación mucho más sencilla en comparación con otros promotores como las hormonas.

II. INTRODUCCIÓN

Dentro de la acuicultura, actividad muy desarrollada actualmente, existe una nueva modalidad que es el cultivar peces de ornato; éstos, día con día toman un mayor auge en las comunidades, tanto científicas como aficionadas, ya que los peces de ornato constituyen un importante modelo biológico para experimentación y a nivel social son apreciados por sus características estéticas, educativas e incluso terapéuticas (Petrovick *et. al.*, 1990).

Es importante mencionar que se tiene conocimiento de la sorpresa que causó en Cortéz, los jardines y viveros que poseía el Emperador Moctezuma. Se sabe que la colección de peces del emperador era rica en especies, dándole este tal importancia, que constituyó parte de su herencia. Por lo tanto, es demasiado el tiempo que llevaban los emperadores Aztecas cultivando su devoción por la naturaleza y en especial por los peces. Las culturas Olmecas y Totonacas también tuvieron contacto con los peces pero desde otro punto de vista, más alimenticio que ornamental, sin embargo, en los diferentes museos se pueden admirar la gran variedad de figurillas representando peces (Aguirre, 1993).

México presenta una gran actividad dentro de la acuicultura desde la antigüedad, para 1965 se introdujeron las primeras especies de carpas chinas y tres especies de mojarra africanas. En 1966 se logró por primera vez la reproducción del pescado blanco, especie nativa de México y muy importante en diversas regiones del país y para 1967 se construye el Centro Piscícola "El peaje", orientado a la producción de crías de lobina negra, mojarra de agallas azules y pescado blanco (Anónimo, 1997), aunque todos estos datos son para especies de importancias alimenticias, a partir de aquí se ha ido desarrollando un interés por el cultivo de diferentes especies de peces, sobresaliendo por su ganancia monetaria el cultivo de peces de ornato.

Existen hoy en día muchas granjas encargadas del cultivo masivo de peces de ornato, asociado a adelantos zootécnicos, como sobrevivencia, crecimiento, etc. para poder obtener algunas explicaciones de problemas de la crianza de larvas (Abi-ayad y Kestemont, 1994). Este cultivo masivo tuvo en 1990 un comercio anual superior a los 4000 millones de dólares (Petrovick *et. al.*, 1990), de esta producción el 60% corresponde a Asia; América del Sur representa el 30% y los demás continentes se reparten el 10% restante. Los peces asiáticos provienen, sobre todo, de los criaderos

de Singapur, Hong Kong, Tailandia y Filipinas; América del Sur exporta casi siempre peces capturados en su ambiente natural (Petrovick *et al.*, 1990). Ahora, más de 300 especies son criados en el mundo, además este número esta continuamente incrementándose paralelamente a la evolución de las técnicas de crianza y a los métodos de producción en masa de alimentos (Wattannabe, 1985). Todo esto con el deseo de intensificar y tener completo control sobre las primeras etapas de crecimiento, ya que la etapa larval es la más crítica en el ciclo de vida de cualquier pez.

Todo negocio acuícola debe ser evaluado por su eficiencia de producción; ya que la meta de cualquier granja o criadero, es el crecimiento de los organismos en menor tiempo. En la mayoría de estos negocios no se lleva a cabo una evaluación de las condiciones sean realmente adecuadas para el crecimiento de sus organismos, además de que los costos de alimentación y cuidados mientras alcanzan su talla comercial o la talla adulta, son muy elevados (Niño, 1997). El crecimiento se define como el incremento en la variación de la distribución de talla con el tiempo, debido a las diferentes velocidades de crecimiento (Goldan, *et al.*, 1996). Por lo tanto es importante encontrar diferentes alternativas para alimentar mejor y acelerar el crecimiento de los organismos.

Uno de los métodos más sencillos para aplicar antibióticos o cualquier otro fármaco, es el que se aplica directamente en el alimento, mezclando el componente con aceite o revistiendo pellets con una mezcla de aceite/medicamento (Smith-Lemmon, 1997). Los peces necesitan una cantidad mínima de alimento para funcionar adecuadamente y de éste, solamente un cierto grado son bien utilizadas, formándose sustancias energéticas y de reserva para que el crecimiento se produzca de manera conveniente.

Si los peces son alimentados de manera regular seguirán creciendo después de la madurez sexual y hasta el final de sus vidas, aunque a un ritmo más lento que los jóvenes, por lo tanto, la edad, la especie y la condición física del pez son factores determinantes (Petrovick *et al.*, 1990). Se debe administrar solamente la cantidad de alimento necesaria, ya que en exceso puede variar la cantidad de oxígeno disuelto, la composición química del agua (aumentar la concentración de amonio y nitratos) y así presentarse problemas dentro de los sistemas. Otro factor muy importante que no hay que olvidar es el tamaño de la partícula de alimento ya que de ello depende que los organismos las ingieran (Goldan, *et al.*, 1996).

Aunque para el crecimiento animal basta mantener el equilibrio adecuado entre carbohidratos, grasas, proteínas; se sabe que el índice o

la rapidez de las ganancias en peso, la eficiencia y utilización de los alimentos pueden aumentar por adición de ciertas sustancias a la ración.

Estas sustancias pueden ser de cuatro clases: (Meyer, 1982).

1. Antibióticos
2. Arsenicales orgánicos
3. Hormonas
4. Antihormonas

A estas sustancias se les conoce como agentes promotor de crecimiento y dentro de estos se encuentran las vitaminas y los minerales. Este término define a aquellas sustancias distintas de los nutrientes de la ración de alimento de un animal que aumentan el ritmo de crecimiento y modifican "mejorando" el índice de conversión de los animales sanos y correctamente alimentados (Revueltas,s/a).

Los primeros estudios indagatorios sobre las necesidades vitamínicas de los peces se llevaron a cabo en los años 20 (Haempel, 1927, 1937). A partir de 1940 comenzaron en USA extensos trabajos realizados aprovechando los conocimientos generales reunidos entre tanto en este campo y que permitieron, sobre todo desde 1950, alcanzar en él un considerable auge, concediendo a este respecto especial importancia a los salmónidos. También en Japón se llevaron a cabo intensas investigaciones sobre el tema (Steffens, 1987).

Durante la 2ª Guerra Mundial y debido a la escasez de proteínas animales, se apreció la superioridad de las proteínas de origen animal sobre las de plantas para mantener el crecimiento de los animales. La investigación del llamado "factor proteico animal (APF o Zooferina)" culminó en el aislamiento e identificación de la vitamina **B₁₂** del tejido hepático en 1948. Pronto se encontró una fuente comercial de vitamina **B₁₂** en cultivos fermentantes de *Streptomyces griseus* y *Streptomyces aureofaciens*, estreptomycinina y clorotetraciclina respectivamente (Meyer, 1982).

La vitamina **B₁₂** forma parte del complejo **B** de vitaminas hidrosolubles y corresponde a una serie de sustancias denominadas cobamamidas, que poseen cobalto en su molécula aproximadamente en proporción del 4%. A su vez las cobamamidas se derivan de una sustancia fundamental, la cobamida que consta de un núcleo central denominado corrina con 4 anillos pirrólicos con cadenas laterales amicinas y que contiene cobalto trivalente (Roth, *et al.*, 1996).

La adición de **B₁₂** cristalina parecía compensar la deficiencia de una ración proteínica vegetal en la facultad de mantener el crecimiento en

comparación con la misma ración con una pequeña cantidad de proteínas animales.

La vitamina B₁₂ pertenece a un grupo de vitaminas muy importantes ya que participan en diversos procesos metabólicos como coenzimas, y aunque todavía no se conoce perfectamente la función que desempeñan, se sabe que las del grupo B participan en ciertos sistemas enzimáticos muy específicos del metabolismo, específicamente la vitamina B₁₂ se utiliza para la síntesis del DNA, ARN y proteínas, actúa en la formación de glóbulos rojos, interviene en la acción de la vitamina C y es necesaria para la digestión y absorción de los alimentos, así como para la síntesis de las proteínas y para el metabolismo de los de los carbohidratos y las grasas (Baduis, 1990). Adicionalmente la vitamina B₁₂ participa en el mantenimiento de la vaina de mielina de las células nerviosas y en la síntesis de neurotransmisores (www.smartbasics.com/b12.htm).

Se han publicado una serie de trabajos en los que se afirma que la vitamina B₁₂ estimula el crecimiento de diferentes animales, incluyendo el fitoplancton marino que constituye el primer nivel de la cadena alimenticia (Attaway, 1993) y en consecuencia se han elaborado muchos tónicos y mezclas vitamínicas (Bender, 1977).

Otros estudios han comprobado que la vitamina B₁₂ es esencial para la actividad de la malonil-CoA mutasa, que transforma el metilmalonil-CoA en succinil-CoA, además de participar como cofactor durante el catabolismo de los ácidos grasos (<http://web.indstate.edu/htcme/mwking/vitamins.html>).

Aoe (1980), en su trabajo realizado con pez gato y anguilas, ha descubierto que un crecimiento pobre y una falta de apetito observado en estos peces, se debe principalmente a una deficiencia de vitamina B₁₂ en las dietas.

Dentro de las especies más populares, y que en la actualidad se reproducen en las granjas del interior de la república se encuentra la carpa dorada (*Carassius auratus*) o japonés como se le conoce normalmente, perteneciente a la familia Cyprinidae.

La forma dorada de *Carassius auratus*, el pez de oro o pez rojo, ha cautivado de tal manera a los chinos que lo han criado en acuarios especiales y se ha convertido en objeto de culto. Más tarde, gracias a una crianza artificial y a una selección constante, se han producido peces totalmente nuevos, como los peces japoneses. El hombre primero multiplicó y cruzó el pez rojo por azar, después conscientemente; como resultado se produjo una gran variedad de formas, mantenidas sobre todo

por los criadores del Extremo Oriente. La forma silvestre es criada en grandes cantidades en granjas en Estados Unidos, con fines alimenticios.

En México, el cultivo de *Carassius auratus* es alóctono desde 1884 y con un tipo de cultivo en producción de crías principalmente (Bardach *et al.*, 1986). Actualmente la familia Cyprinidae está ampliamente distribuida, tanto natural como por la influencia de la producción de especies con fines de ornato; esta familia contiene un gran número de especies compatibles para los acuarios, se encuentran por todas partes en las aguas dulces de Europa, Asia y África; no poseen aleta adiposa, la boca es más o menos protráctil y las mandíbulas no llevan dientes. Sin embargo, existen en el interior de la cavidad bucal filas de dientes que sirven para destrozar el alimento. El tamaño de los miembros de esta familia varía de 2 cm hasta los 2 m. Fuera del periodo de desove la temperatura del agua puede ser de 2° a 4° C inferior a la requerida normalmente (Petrovick *et al.*, 1990).

La carpa dorada (*Carassius auratus*) es originaria de Asia, su cultivo se remonta a la dinastía T'ang (618-907 d.c). Son organismos muy resistentes a condiciones extremas (Hernández, 1996).

Dentro de esta especie existen diferentes variedades, tales como los aletas de velo, ojos de telescopio, cabeza de león, entre otros muchos (Mayland, 1978).

Características de la variedad según Petrovick (1990)

Carassius auratus var. *bicaudatus*

Sello rojo o sombrero rojo.

Esta forma nació en China entre 1547 a 1643. Los sombreros rojos actualmente tienen un cuerpo de forma ovoide, cubierto de escamas y desprovisto de aleta dorsal; la aleta anal es doble y la aleta caudal presenta cuatro lóbulos. Este pez es blanco plateado, pudiendo ser transparentes las aletas. La cabeza presenta una coloración roja o anaranjada que da origen al nombre. El cuerpo mide alrededor de 7 a 8 cm, la aleta caudal de 5 a 7 cm, a veces más. Se importan del Japón peces de coloración semejante pero cuya aleta dorsal sí aparece; desde hace algún tiempo también se crían en Europa.

Características del acuario

Es importante que la pecera donde se coloque a los japoneses sea lo suficientemente grande para proveer por lo menos de 23 litros de agua por pez (ó 5 litros por cm de pez, sin tomar en cuenta la cola). Esta cantidad se requiere para que los organismos crezcan, se mantengan en buenas

condiciones de salud y logren reproducirse. Por lo tanto, el acuario más pequeño a considerar es de 100 litros donde se pueden mantener sin problemas de 4 a 5 japoneses juveniles. La temperatura que toleran se encuentra desde los 18° hasta los 25° C, siendo su temperatura optima de los 22° a los 24° C.

La filtración debe circular el triple del volumen del acuario por hora. Los filtros más recomendables son los de poder o cascada, los de canasta, los de filtración húmedo-seco o los nuevos de lodos activados. Es posible realizar una combinación de los filtros ya mencionados (Fox, *et al.*, 1984).

La iluminación puede ser artificial, pero los organismos mejoran su coloración con luz natural que llegue al acuario de forma indirecta, para evitar un crecimiento excesivo de microalgas. Los japoneses son organismos omnívoros, con tendencias herbivoras en estado adulto y es recomendable mantenerlos con una dieta variada de alimento vivo como artemia, tubifex, etc., alimentos comerciales como en hojuelas o pellets, así como lechuga, coliflor, espinaca o acelgas (Hernández, 1996).

III. ANTECEDENTES

En la actualidad las granjas de producción han realizado diversos estudios sobre la alimentación, tanto en organismos adultos como en larvas, con el fin de ahorrar en infraestructura y alimentación, además de poder producir organismos más robustos y con ninguna deficiencia nutricional. Trabajos realizados con *Carassius auratus* y dietas experimentales, tales como la administración de dietas mezcladas (alimento vivo, alimento seco comercial) ha dado a conocer que cuando se administra una alimentación inicial a base de alimento seco a los japoneses, su sobrevivencia es buena, pero su crecimiento es mucho más lento que lo que se observa en crías alimentadas con dietas naturales o mixtas (Kestemont *et al.*, 1989 y 1990), otros trabajos respecto a diferentes dietas es la utilización de algunas especies de insectos, estas aplicadas principalmente a bagres (Reyes, 1976). Un reporte de Bergot (1986), dice que los alimentos artificiales cambian en relación con los animales y con el medio ambiente. El deterioro de la calidad del agua y la limpieza que se tenga al preparar las dietas presentan un efecto en la sobrevivencia y el crecimiento de las larvas en sus primeras etapas.

Se han realizado trabajos para conocer los requerimiento de proteínas en las dietas de japoneses (*Carassius auratus*) cultivados en acuarios, utilizando diferentes concentraciones de proteínas que van en un rango de 21.2% hasta 34.5% obteniendo que los peces crecen y obtienen un mayor peso con la concentración de 34.5% de proteínas, por lo tanto es recomendable que el alimento que se le suministre a los japoneses tengan una concentración de proteínas mínimas del 34.5% (Lochmann y Phillips, 1994).

De acuerdo con Fluchter (1982), las diferentes etapas larvales necesitan una alimentación natural (alimento vivo) para poder llevar acabo su cambio a otras etapas. Otra hipótesis sugiere que la pirimidina es esencial para las larvas de peces (Dabrowski y Kaushik, 1986).

Consecuentemente, la alimentación artificial para larvas pequeñas es generalmente formulada empíricamente, esto basado en ingredientes utilizados para los adultos, Por lo tanto, Radunz-Neto *et al.* (1993) y Geurden *et al.* (1993) han obtenido dietas semipurificadas (caseína-destrina), para poder determinar los requerimientos nutricionales en un futuro. Aunque no se debe dudar que el utilizar dietas mixtas es mucho mejor que solo alimentar a los organismos con dietas secas y comerciales. Abi-Ayad y Kestemont (1994) realizaron un estudio para comparar tres

dietas diferentes (100% nauplios de artemia, 50% de nauplios de artemia + 50% de alimento comercial y 100% alimento comercial) administrándolas a larvas de japoneses (*Carassius auratus*), obteniendo que los mejores de resultados de crecimiento y bajo índice de mortalidad se obtienen con las dietas de alimento vivo y la mixta; llegando a la conclusión de que es recomendable administrar a las crías de japoneses una dieta a base de alimento vivo (nauplios de artemia, por ejemplo) y alimento comercial.

La utilización de promotores de crecimiento está destinada a mejorar la eficiencia digestiva, a disminuir los índices normales de consumo de alimento y a mantener o acelerar la tasa de crecimiento (Coates, 1963 citado en Loeza, 1993).

Existen diferentes promotores de crecimiento en peces encontrando los siguientes grupos: Antibióticos, hormonas, beta agonistas, sustancias misceláneas como algas, insectos, etc. y vitaminas (Quintanar, 2000).

Dentro de estos promotores los más utilizados son la hormonas y las vitaminas.

Dentro de los estudios realizados con hormonas se encuentran los de Lam y Sharma (1985) quienes investigaron el efecto de la tiroxina sobre la sobrevivencia, desarrollo y crecimiento de larvas de carpa (*Cyprinus carpio*) con el incremento de la salinidad del medio, mejorando la viabilidad e incubabilidad de los huevos, promoviendo la sobrevivencia, crecimiento y desarrollo larval. Malison *et. al.* (1988) evaluó la respuesta en el desarrollo y crecimiento de machos contra hembras de percas amarillas (*Perca flavescens*) tratados con 17 beta-estradiol a dosis de 15 mg/kg de pienso, obteniendo mejor crecimiento en hembras que en machos. Cavari y Funkenstein (1993) evaluaron las hormonas de crecimiento bovina y humana (HC) en besugos dorados (*Sparus aurata*) de aproximadamente 10g de peso, la tasa de crecimiento se incrementó cerca del 15% comparado con el control.

Los estudios del efecto de las diferentes vitaminas sobre los peces es extenso, algunos de los trabajos son los siguientes: Kitamura *et. al.*, (1967a, 1967b) demostraron que en trucha arco iris jóvenes, la carencia de vitamina A se traduce en pérdida del apetito, crecimiento deficiente, peso de hígado relativamente escaso y anemia; en estadios tempranos se advierte palidez corporal y alta mortalidad. Aoe *et. al.*, (1968) encontró que por falta de vitamina A en la dieta las carpas jóvenes manifiestan anorexia, retraso del crecimiento, palidez, hemorragias en la piel y aletas, deformación de opérculo y exoftalmus. Andrews *et. al.*, (1980) registraron en siluros marmóreos jóvenes un crecimiento máximo con 1.000-4.000 UI

de vitamina D_3 /kg de pienso; se advertía disminución del crecimiento ya con 50.000 UI de vitamina D /kg de pienso.

Huges *et al.*, (1981) determinaron que para incrementar el crecimiento en trucha arco iris se necesita de 3 a 6 mg/kg de vitamina B_2 . Woodwar (1982) comprobó en alevines de 7 g de peso corporal de trucha arco iris, a la largo de 20 semanas los efectos de adición de riboflavina de distinta cuantía (0-100mg/kg) a un pienso base, constituido principalmente por harina de pescado, harinas de soya y trigo, que contenía 8 mg de vitamina B_2 /kg, crecimiento y conversión del pienso óptimos. Arce (1989) estudió el efecto del ácido nicotínico sobre el crecimiento en tilapia híbrida (*Oreochromis mossambicus*) obteniendo ganancias en pesos superiores al testigo. Cruz *et. al.* (1992) administró cobamamida a fin de incrementar la tasa metabólica en alevines de *Poecilia reticulata* obteniendo que los organismos mostraron las características propias del adulto tanto en color, comportamiento y madurez; otro trabajo también de Cruz pero de 1994 reportó resultados preliminares sobre la utilización de la cobamamida, nacionamida, cianocobalamina y el decanoato de nondrolona en alevines de *Poecilia latipinna*, *Mollinesia sphenops* y *Poecilia reticulata*, presentando que existe un incremento en el crecimiento, utilizando la relación de peso y longitud, tanto en *Poecilia reticulata* y en *Poecilia latipinna*.

IV. OBJETIVO GENERAL

Determinar el crecimiento de crías de japoneses sello rojo (*Carassius auratus* var. *bicaudatus*) administrando cinco concentraciones diferentes de cobamamida (coenzima de la vitamina B_{12}).

OBJETIVOS PARTICULARES

* Determinar el crecimiento individual en peso de crías de japoneses sello rojo (*Carassius auratus* var. *bicaudatus*).

* Determinar el crecimiento individual en longitud de crías de japoneses sello rojo (*Carassius auratus* var. *bicaudatus*).

V. METODOLOGÍA

A) BIOENSAYO PRELIMINAR

Se realizó un trabajo preliminar para poder obtener la metodología más apropiada para el proyecto. Los organismos utilizados para este preliminar fueron crías de dos semanas de eclosión aproximadamente de la variedad Moro (*Carassius auratus* var. *bicaudatus*). Las crías fueron donadas por la Bióloga Martha López Carmona del Centro "MAHA" en Cuautla, Mor. El bioensayo preliminar se llevó a cabo durante 10 semanas con el fin de corregir o mejorar la metodología a utilizar. Como resultado se obtuvo la siguiente metodología.

B) INFRAESTRUCTURA

Se utilizaron cinco peceras de 51cm x 29cm x 26cm (un control y cuatro experimentales) con una capacidad de 35 litros y con un volumen real de 15 litros de agua.

Cada pecera se equipó con un filtro de caja con carbón activado, termómetro y termostato de 5 watts. Una vez equipadas las peceras se adicionaron al agua: 2.25ml de acondicionador de agua "Pentabiocare" y 24 hrs. después, 1.0ml de azul de metileno.

Posteriormente se llevaron a cabo monitoreos de temperatura procurando que ésta se encuentre entre los 24° y 26°C. Se irradió cada pecera con una lámpara de luz ultravioleta durante 15 minutos, y posteriormente se dejaron estabilizar los sistemas durante dos semanas.

C) DIETAS EXPERIMENTALES.

Se suministraron cinco diferentes dietas (1 control y 4 experimentales) para la alimentación de los organismos:

1. **Dieta 1:** 50 g Alimento comercial de marca Wardley.
2. **Dieta 2:** 50 g Alimento comercial de marca Wardley + 1mg de cobamamida.
3. **Dieta 3:** 50 g Alimento comercial de marca Wardley + 2mg de cobamamida.
4. **Dieta 4:** 50 g Alimento comercial de marca Wardley + 3mg de cobamamida.
5. **Dieta 5:** 50 g Alimento comercial de marca Wardley + 4mg de cobamamida.

C1) PREPARACIÓN

Se tomaron 50g de alimento comercial marca Wardley, el cual se molió y tamizó (abertura de malla 2mm) para posteriormente agregar la diferentes concentraciones de cobamamida previamente disueltas en 5ml de agua destilada y aforando a 50ml de alcohol. Esta mezcla se dejó reposar por aproximadamente 24 hrs. o cuando el alcohol se haya evaporado por completo. El alimento se guardó en frascos de plástico debidamente etiquetados.

D) CARACTERÍSTICAS DE LOS ORGANISMOS Y TÉCNICAS DE MEDICIÓN.

En cada pecera se colocaron 10 crías de japoneses sello rojo (*Carassius auratus* var. *bicaudatus*) de aproximadamente dos semanas de eclosión, teniendo un total de 50 crías, con una talla de 10 ± 1 mm de longitud; todas las crías pertenecieron a la misma cohorte y fueron proporcionadas por Luis Orozco Galván, asesor en acuarofilia de "La Clínica Veterinaria Viveros". Las crías se aclimataron durante una semana y se alimentaron únicamente con artemia en polvo.

Transcurrido este tiempo, se midieron cada una de las crías con un vernier de precisión, se tomaron la longitud total (desde la punta del hocico hasta el extremo de la aleta caudal) debido a que estos organismos son cotizados por su tamaño total (Reichenbach-Klinke, 1980). Se pesaron con una balanza Procket Pro C/50, con capacidad máxima de 10g (graduación 0.002g), utilizando el método de pesaje húmedo para disminuir la mortalidad por manipulación (Sánchez y Vázquez, 1980). Se tomó el 15% de la biomasa total debido a que durante el bioensayo preliminar se probaron diferentes porcentajes, siendo el más óptimo el de 15%. Este porcentaje se dividió en dos raciones, para suministrar las diferentes dietas experimentales.

Los peces se alimentaron dos veces al día durante 20 semanas aproximadamente. Una vez por semana se midieron y se pesaron las crías con el material antes descrito, con el fin de evaluar crecimiento.

E) ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL AGUA

Se realizaron monitoreos de parámetros fisicoquímicos como oxígeno disuelto, nitritos, nitratos, amonio, etc., mediante métodos de titulación y colorimetría; mientras que el pH se registró con un potenciómetro (De la

Lanza, 1998). Se realizaron cambios parciales del 20% del agua cada semana, además de lavar los filtros y sifonear cada uno de los sistemas.

El agua utilizada para los cambios parciales se dejó reposar por 24 horas adicionando anticloro y Pentabioicare. con el fin de que el agua tenga las mismas características de los sistemas.

F) PROCESAMIENTO DE DATOS

Uno de los modelos matemáticos de crecimiento, mejor conocidos es el propuesto por Von Bertalanffy (1938) que satisface dos criterios importantes: se ajusta a la mayoría de los datos observados de crecimiento de peces y puede incorporarse fácilmente a modelos para evaluación de poblaciones (González, 1993).

Esta basado en observaciones fisiológicas, pues él consideró que el crecimiento en peso era el resultado de la diferencia entre factores anabólicos y catabólicos, considerados como proporcionales a la superficie de absorción y al peso del organismo, respectivamente (Gulland- FAO, 1971). En el presente trabajo no se aplicó debido a que se trabajó con un solo estadio, siendo lo más conveniente la aplicación de modelos que involucren la fase inicial del crecimiento en un pez (Ricker, 1975).

Existen otros modelos que ayudan a complementar el análisis de crecimiento, por ejemplo, la relación que existe entre peso y longitud, utilizando la ecuación de Le Cren (Gerking, 1978):

$$W = aL^n$$

donde **a** es el factor de condición o bienestar fisiológico, siendo éste una constante y el exponente **n** que define el tipo de crecimiento de un pez y que fluctúa entre 2.5 y 4, más frecuentemente cerca de 3, desde el momento en que el crecimiento representa un aumento en las tres dimensiones y la longitud es tomada en una dimensión. El valor **a** se expresa como "índice ponderal" o factor de condición **K** en la formula:

$$K = W/L^3$$

que varía proporcionando el índice cuando el exponente **n** recibe el valor 3 (Lagler, *et al.* 1984). **W** es el peso; **L**, la longitud; **q** el factor de condición y **b** es el tipo de crecimiento que puede ser de dos formas: Isométrico **b=3** y Alométrico **b≠3**, de manera general **<3** se dice que el pez aumento más en

longitud que en peso y >3 que el pez aumenta más en peso que en longitud.

Se aplicó la prueba de significancia a la pendiente para definir la existencia de diferencias significativas estadísticamente con respecto a 3 (Zar, 1984).

$$t_{\text{exp}} = \frac{b_i - \beta_i}{S_{\beta_i}}$$

donde b_i es el valor de la pendiente obtenida del análisis de regresión, β_i es igual a 3 o crecimiento isométrico, S_{β_i} es el error estándar de la pendiente.

$$S_{\beta_i} = \sqrt{\frac{\sum e_i^2 / n - 2}{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}}}$$

$$\sum e_i^2 = \sum (y_i - \hat{y}_i)^2$$

donde y_i son los datos exponenciales de y , \hat{y}_i son los datos teóricos de y calculado, x_i^2 son los datos de x al cuadrado, x_i los datos de x y n el número de parejas de datos.

$$t_{\text{tablas}} = t_{n-2}^{\alpha = 0.025}$$

Para la prueba de decisión:

Si $t_{\text{exp}} < t_{\text{tablas}}$ se acepta H_0
 Si $t_{\text{exp}} > t_{\text{tablas}}$ se rechaza H_0

Hipótesis:

$H_0 =$ El crecimiento es isométrico.

$H_a =$ El crecimiento es alométrico.

Para conocer la relación que existe entre la ganancia en peso (W) y el tiempo, así como el incremento en longitud (L) y el tiempo, se realizaron regresiones simples con las siguientes ecuaciones:

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

$$L = L_0 e^{rt}$$

donde W_0 y L_0 son la ordenada al origen, e es la base de los logaritmos naturales y r es la pendiente o la velocidad de crecimiento del organismos en peso o longitud (Bojórquez, 1998).

Para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos en los modelos, se realizó una prueba de "t" de Student al 95% de confianza ($p < 95\%$) para datos pareados cuya formula es la siguiente (Daniel, 1980).

$$t = \frac{(x_1 - x_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{(s^2 p / n_1) + (s^2 p / n_2)}}$$

donde x_1 es la media de la variable 1, x_2 es la media de la variable 2, μ^1 media máxima registrada para la variable 1, μ^2 es la media máxima registrada para la variable 2, $s^2 p$ desviación estándar, n_1 y n_2 el tamaño de la muestra 1 y 2 respectivamente.

Con los datos de longitud y peso promedio final e inicial se calculó el crecimiento relativo y absoluto de la población expresando los resultados en porcentajes y en gramos-centímetros respectivamente, utilizando las siguientes ecuaciones para cada caso según lo expresado por Phelps (1981).

Crecimiento relativo

$$CR_{long} = (L_f - L_i / L_i) \times 100$$

$$CR_w = (W_f - W_i / W_i) \times 100$$

Crecimiento absoluto

$$CA_{\text{long}} = (L_f - L_i / DC)$$

$$CA_w = (W_f - W_i / DC)$$

donde **L_f** y **W_f** son la longitud y el peso promedio final respectivamente; **L_i** y **W_i**, la longitud y peso promedio inicial respectivamente y **DC** los días totales de cultivo.

La tasa de incremento diario neto en longitud y en peso fueron calculadas de la siguiente manera (tomadas de Hernández, 1994):

$$a = \frac{L_2 - L_1}{t}$$

$$a = \frac{P_2 - P_1}{t}$$

donde **a** es la tasa de crecimiento diario neto en longitud (mm/día) o en peso (g/día), **L₂** y **P₂** son longitud o peso final, **L₁** y **P₁** longitud y peso inicial y **t** tiempo (días).

El factor de condición inicial y el final para la relación entre peso y longitud se realizó con las siguientes formulas:

$$F_{c_i} = \frac{W_1}{(L_1)^b}$$

$$F_{c_f} = \frac{W_2}{(L_2)^b}$$

donde **W₁** y **L₁** son el peso y la longitud promedio inicial, **b** es la ordena al origen de la relación entre el peso y la longitud obtenida para los organismos control; **W₂** y **L₂** son el peso y la longitud promedio final para cada uno de los tratamientos, **b** es la ordenada al origen de la relación entre el peso y la longitud para cada uno de los organismos experimentales.

VI. RESULTADOS

▷ CRECIMIENTO EN LONGITUD

Durante el presente trabajo se evaluó el crecimiento tomando en cuenta el incremento en talla en milímetros (mm) y en peso expresado en miligramos (mg).

En la Tabla 1 se muestran los promedios, máximos y mínimos obtenidos durante la fase experimental (aproximadamente 175 días) para el crecimiento en longitud, observándose que los organismos a los cuales se les aplicó 2 y 3 mg de cobamamida de alimento incrementaron más su longitud, presentando 21.737 mm en promedio, con un mínimo de 10 mm y un máximo de 41 mm para los organismos de 2 mg y 19.845 mm en promedio, con un mínimo de 9.20 mm y máximo de 43 mm para los organismos a los que se les aplicó 3 mg, los peces que presentaron menor incremento fueron los organismos control con un promedio de 17.099 mm, un mínimo de 11 mm y un máximo de 27.50 mm, seguidos de los organismos a los que se les aplicó 1 mg de cobamamida con un promedio de 17.852 mm, un mínimo de 10.67 mm y un máximo de 33 mm.

Tabla 1. Registros de promedios, mínimos y máximos para longitud, por concentración de cobamamida en 50 g de alimento aplicadas a crías de peces japoneses (*Carassius auratus* var. *bicaudatus*).

| | 0 mg | 1 mg/50g de alimento | 2 mg/50 de alimento | 3 mg/50 de alimento | 4 mg/50g. de alimento |
|----------|------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| | Longitud (mm) | Longitud (mm) | Longitud (mm) | Longitud (mm) | Longitud (mm) |
| Promedio | 17.099 | 17.852 | 21.737 | 19.845 | 18.793 |
| Mínimo | 11.000 | 10.670 | 10.000 | 9.200 | 10.100 |
| Máximo | 27.500 | 33.000 | 41.000 | 43.000 | 29.300 |

Al obtener los modelos que representaron el crecimiento exponencial en longitud (Fig. 1) se obtuvieron los siguientes valores (Tabla 2), donde el grupo control y todos los grupos experimentales presentaron un crecimiento exponencial positivo. El grupo control presentó el siguiente modelo (Fig. 1A) donde se observa que hay una período

(aproximadamente hasta el día 80) en la cual el desarrollo es más lento debido a una etapa de aclimatación:

$$L = 9.752e^{0.0054 t}$$
$$r^2 = 0.9216$$

El modelo que representó el crecimiento para los peces a los que se les aplicó 1 mg de cobamamida/50g de alimento (Fig. 1B) fue el siguiente, acentuándose más la etapa de aclimatación:

$$L = 9.887e^{0.0056 t}$$
$$r^2 = 0.9183$$

Los organismos a los que se les aplicó 2 mg de cobamamida/50g de alimento presentaron el siguiente modelo (Fig. 1C)

$$L = 8.378e^{0.0088 t}$$
$$r^2 = 0.9563$$

Para el grupo al que se les aplicó 3 mg de cobamamida/50g de alimento presentaron el siguiente modelo (Fig. 1D):

$$L = 8.392e^{0.0080 t}$$
$$r^2 = 0.9239$$

Por último para los organismos a los que se les aplicó 4 mg de cobamamida/50g de alimento se obtuvo el siguiente modelo (Fig. 1E):

$$L = 9.444e^{0.0065 t}$$
$$r^2 = 0.9239$$

Al realizar una comparación entre las tasas de crecimiento de los organismos experimentales tomando como base los organismos control, los cuales presentaron 0.0054 (Fig. 1A), se obtuvo que los peces a los cuales se les aplicó 2 y 3 mg de cobamamida/50g de alimento crecieron de manera más rápida presentando 0.0088 y 0.0080 respectivamente (Fig. 1C y 1D). Mientras que los peces que presentaron la tasa de crecimiento más

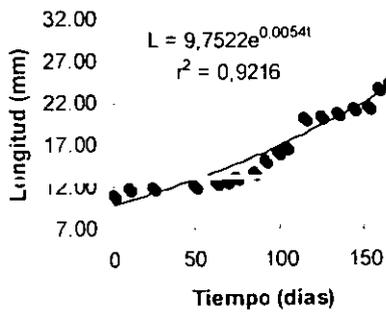
baja fueron los peces a los cuales se les aplicó 1 mg de cobamamida/50g de alimento que registraron 0.0056 (Fig. 1E).

Comparando las curvas de crecimiento a simple vista se observó que las concentraciones de 2 mg/50g de alimento (0.0088) y 3 mg/50g de alimento (0.0080) de cobamamida son las que presentaron mayor incremento.

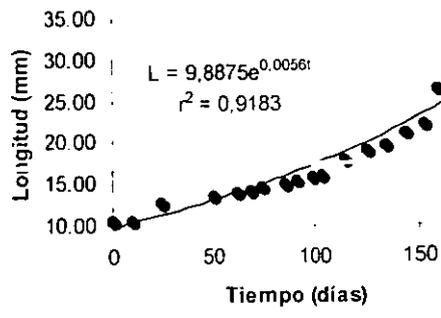
Al aplicar la prueba de "t" para determinar si existieron diferencias significativas en cuanto al crecimiento en longitud entre los tratamientos y el grupo control, se obtuvo que para la concentración de 2 mg/50g de alimento sí presentó diferencias significativas ($p < 95\%$), no presentándose diferencias entre el grupo control y los organismos a los que se les aplicó 3 mg de cobamamida/50g de alimento ($p > 95\%$).

Tabla 2. Velocidad de crecimiento en longitud a través del tiempo para cada una de las concentraciones cobamamida en 50 g de alimento "L", así como el coeficiente de determinación.

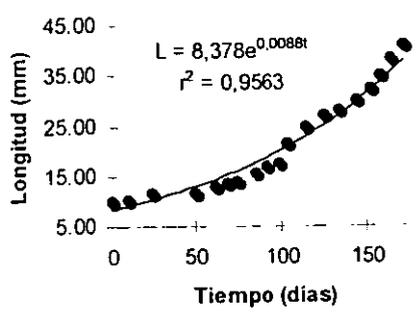
| Concentración | Velocidad de crecimiento | Coefficiente de determinación |
|---------------|--------------------------|-------------------------------|
| 0 mg | 0.0054 | 0.9216 |
| 1 mg | 0.0056 | 0.9183 |
| 2 mg | 0.0088 | 0.9563 |
| 3 mg | 0.0080 | 0.9239 |
| 4 mg | 0.0065 | 0.9584 |



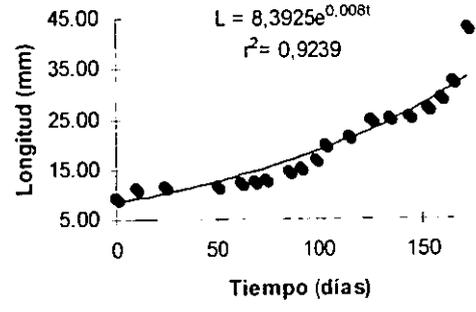
A



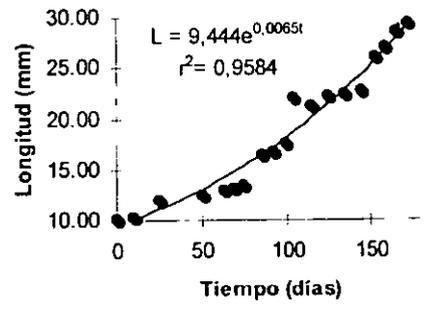
B



C



D



E

Fig. 1. Crecimiento exponencial en longitud de japoneses (*Carassius auratus* var. *bicaudatus*) para cada una de las concentraciones cobamamida en 50g de alimento, A organismos control, B concentración 1mg, C concentración 2 mg, D concentración 3 mg, E concentración 4 mg.

Con lo que respecta al crecimiento relativo y crecimiento absoluto (Tabla 3, Fig. 2) se registró que los organismos a los cuales se les aplicó 2 y 3 mg de cobamamida/50g de alimento obtuvieron el mayor crecimiento relativo con 100 y 98.45% respectivamente y crecimiento absoluto registrando 21.678 y 19.915 mm respectivamente, mientras que los organismos que presentaron el menor crecimiento relativo y absoluto fueron el grupo control con un crecimiento relativo de 71% y un crecimiento absoluto de 17.026 mm, seguido por los peces a los que se les aplicó 1 mg de cobamamida/50g de alimento con un crecimiento relativo de 79% y un crecimiento absoluto de 17.79 mm.

Tabla 3. Crecimiento relativo y absoluto en longitud registrados para crías de *Carassius auratus* var. *bicaudatus*.

| Concentración en 50g de alimento | Crecimiento relativo (%) | Crecimiento absoluto (mm) |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 0 mg | 71.0 | 17.026 |
| 1 mg | 79.0 | 17.790 |
| 2 mg | 100.0 | 21.678 |
| 3 mg | 98.4 | 19.915 |
| 4 mg | 87.9 | 18.734 |

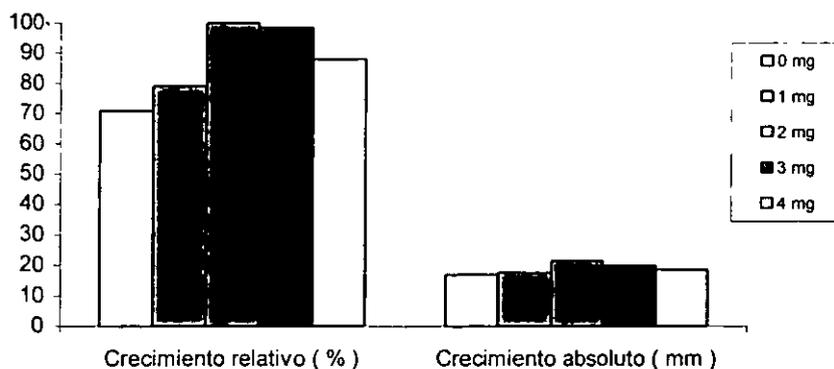


Fig. 2. Crecimiento relativo (%) y crecimiento absoluto (mm) en longitud, para cada uno de los tratamientos aplicados a *Carassius auratus* durante 20 semanas.

La ganancia diaria en longitud se muestra en la Tabla 4 (Fig. 3), observándose que los organismos que incrementaron más en longitud fueron a los que se les aplicó 3 mg de cobamamida con 0.1965 mm/día, es decir, que en comparación con los organismos control incrementaron 0.1006 mm/día más.

Los peces que menos ganancia diaria en longitud fueron los organismos control y a los que se les aplicó 4 mg de cobamamida con 0.0959 mm/día y 0.1116 mm/día respectivamente.

Tabla 4. Incremento diario en longitud para cada una de las concentraciones de cobamamida en 50g de alimento aplicadas a crías de *Carassius auratus* var. *bicaudatus*.

| 0 mg | 1mg/50g de alimento | 2 mg/50g de alimento | 3 mg/50g de alimento | 4 mg/50g de alimento |
|--------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 0.0959 m/día | 0.1298 mm/día | 0.1802 m/día | 0.1965 mm/día | 0.1116 mm/día |

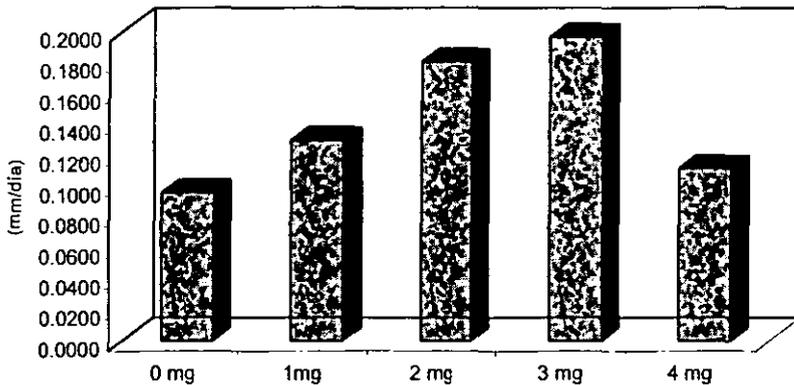


Fig. 3. Crecimiento diario en milímetros para cada uno de los tratamientos aplicados a *Carassius auratus* var. *bicaudatus*

o CRECIMIENTO EN PESO

En la Tabla 5 se puede observar el promedio, los valores máximos y mínimos registrados en lo que respecta al crecimiento exponencial en peso y al igual que en el crecimiento exponencial en longitud los organismos experimentales a los cuales se les aplicó 2 y 3 mg/50g de alimento presentaron los incrementos más elevados. Los peces a los cuales se les aplicó 2 mg/50g de alimento presentaron un promedio de 0.253 mg, con un mínimo de 0.016 mg y un máximo de 0.758 mg; mientras que los organismos de 3 mg/50g de alimento presentaron un promedio de 0.222 mg, con un mínimo de 0.011 mg y un máximo de 0.934 mg.

Los peces que registraron el menor incremento fueron el grupo control con un promedio de 0.096 mg, un mínimo de 0.020 mg y un máximo de 0.280 mg, seguido de los peces a los cual se les aplicó 1 mg de cobamamida/50g de alimento con un promedio de 0.122 mg, un mínimo de 0.019 mg y un máximo de 0.464 mg, así como los peces a los que se les aplicó 4 mg de cobamamida con un promedio de 0.147 mg, un mínimo de 0.014 mg y un máximo de 0.358 mg (Tabla 5).

Tabla 5. Registros de promedios, mínimos y máximos del peso, por concentración de cobamamida en 50g de alimento aplicados a peces japoneses (*Carassius auratus* var. *bicaudatus*) durante 20 semanas de experimentación.

| | 0 mg | 1 mg/50g de alimento | 2 mg/50g de alimento | 3 mg/50g de alimento | 4 mg/50g de alimento |
|----------|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Peso (mg) | Peso (mg) | Peso (mg) | Peso (mg) | Peso (mg) |
| Promedio | 0.096 | 0.122 | 0.253 | 0.222 | 0.147 |
| Mínimo | 0.020 | 0.019 | 0.016 | 0.011 | 0.014 |
| Máximo | 0.280 | 0.464 | 0.758 | 0.934 | 0.358 |

El modelo que representó el crecimiento exponencial en cuanto al peso para los organismos control (Fig. 4A) fue el siguiente, donde todos los grupos experimentales y el control presentaron un crecimiento exponencial positivo, se observó que hay una etapa donde el crecimiento en peso es mucho más lento;

$$W = 0.0135e^{0.0166 t}$$

$$r^2 = 0.9120$$

Para los organismos a los cuales se les aplicó 1 mg de cobamamida, el modelo que representó su crecimiento exponencial en peso (Fig. 4B) es:

$$W = 0.0169e^{0.0168 t}$$
$$r^2 = 0.9502$$

Los peces a los que se les aplicó 2 mg de cobamamida (Fig. 4C) presentaron el siguiente modelo, marcándose más la etapa de aclimatación prolongándose hasta el día 90 de experimentación:

$$W = 0.0097e^{0.0259 t}$$
$$r^2 = 0.9536$$

Mientras que el modelo que representa el crecimiento exponencial en peso de los organismos a los que se les aplicaron 3 mg de cobamamida (Fig. 4D) fue el siguiente, donde también presenta una etapa de aclimatación prolongada hasta casi el día 100 de experimentación:

$$W = 0.0091e^{0.0252 t}$$
$$r^2 = 0.9465$$

Por último a los organismos a los que se les aplicó 4 mg de cobamamida presentaron el siguiente modelo de crecimiento (Fig. 4E) y la etapa de aclimatación más corta, aproximadamente al día 60 de experimentación:

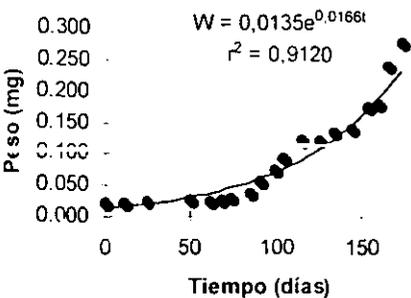
$$W = 0.0115e^{0.0211 t}$$
$$r^2 = 0.9557$$

Comparando los organismos experimentales con los del grupo control se pudo observar que los organismos a los cuales se les aplicó 2 y 3 mg de cobamamida fueron los que presentaron una mayor velocidad en cuanto al crecimiento exponencial en peso, presentándose una tasa de crecimiento de 0.0259 y 0.0252 respectivamente, mientras que los organismos control presentaron una tasa de crecimiento de 0.0166. Los organismos que registraron la velocidad de crecimiento más baja fueron los organismos control con 0.0166, seguido de los peces a los que se les aplicó 1 mg de cobamamida registrando 0.0168.

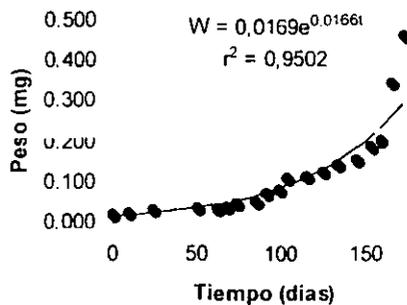
Se realizó una prueba "t" ($p < 95\%$) para determinar si existieron diferencias significativas entre el grupo control y los grupos experimentales, encontrándose que sí se presentaron diferencias significativas respecto al incremento en peso, entre el grupo control y los organismos a los que se les aplicó 2 y 3 mg de cobamamida, con el resto no hubo diferencias significativas ($p > 95\%$).

Tabla 6. Velocidad de crecimiento en peso a través del tiempo para cada una de las concentraciones de cobamamida en 50g de alimento, así como el coeficiente de determinación que existió entre ellos.

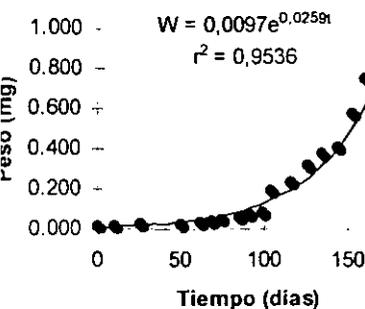
| Concentración en 50g de alimento | Velocidad de crecimiento | Coefficiente de determinación |
|----------------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| 0 mg | 0.0166 | 0.9210 |
| 1 mg | 0.0168 | 0.9502 |
| 2 mg | 0.0259 | 0.9536 |
| 3 mg | 0.0252 | 0.9465 |
| 4 mg | 0.0211 | 0.9557 |



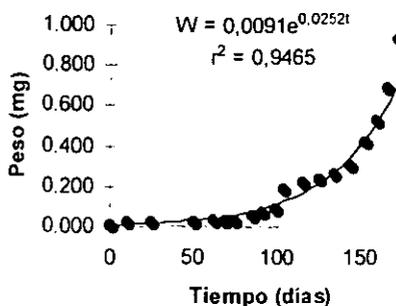
A



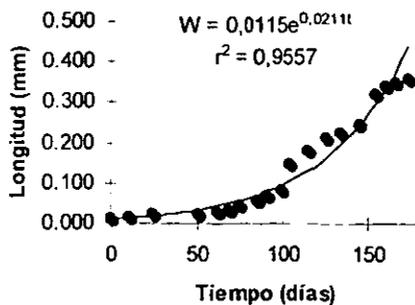
B



C



D



E

Fig. 4. Crecimiento exponencial en peso de japoneses (*Carassius auratus* var. *bicaudatus*) para cada una de las concentraciones de cobamamida en 50g de alimento, A organismos control, B concentración 1mg, C concentración 2 mg, D concentración 3 mg, E concentración 4 mg.

El crecimiento relativo en peso (Tabla 7) fue mayor en los organismos a los que se les aplicó 2mg/50g de alimento con un 90.4% seguido de los organismos a los que se les aplicó 3mg de cobamamida/50g de alimento con 87.8%, presentando el menor crecimiento relativo los organismos a los que se les aplicó 1mg de cobamamida/50g de alimento con un 77.8% y el grupo control con 74.4%. En cuanto al crecimiento absoluto se registró un valor mayor para los organismos a los que se les aplicó 2 y 3mg/50g de alimento con 0.253 y 0.222 mg respectivamente, siendo los menores el grupo control con 0.096 mg y los organismos a los que se les aplicó 1mg/50g de alimento con 0.122 mg.

Tabla 7. Crecimiento relativo y absoluto en peso registrados para crías de *Carassius auratus* var. *bicaudatus*.

| Concentración en 50g de alimento | Crecimiento relativo (%) | Crecimiento absoluto (mg) |
|----------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 0 mg | 74.4 | 0.096 |
| 1 mg | 77.8 | 0.122 |
| 2 mg | 90.4 | 0.253 |
| 3 mg | 87.8 | 0.222 |
| 4 mg | 85.3 | 0.147 |

El incremento diario en peso se presenta en la Tabla 8 (Fig. 5), observándose que los organismos a los cuales se les aplicó 2 y 3 mg de cobamamida en 50g de alimento incrementaron más su peso al compararlos con el grupo control, incrementando 0.0043 mg/día los organismos a los que se les aplicó 2 mg de cobamamida/50g de alimento y 0.0054 mg/día los organismos a los que se les aplicó 3 mg/50g de alimento. Los peces que registraron el menor incremento diario fueron los organismos control con 0.0015 mg/día, seguidos de los organismos a los que se les aplicó 4 mg de cobamamida/50g de alimento con 0.0020 mg/día y por último los peces a los que se les aplicó 1 mg/50g de alimento con un incremento diario de 0.0026 mg/día.

Tabla 8. Incremento diario en peso para cada una de las concentraciones de cobamamida aplicadas a crías de *Carassius auratus* var. *bicaudatus*.

| 0 mg | 1mg/50g de alimento | 2 mg/50g de alimento | 3 mg/50g de alimento | 4 mg/50g de alimento |
|---------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 0.0015 mg/día | 0.0026 mg/día | 0.0043 mg/día | 0.0054 mg/día | 0.0020 mg/día |

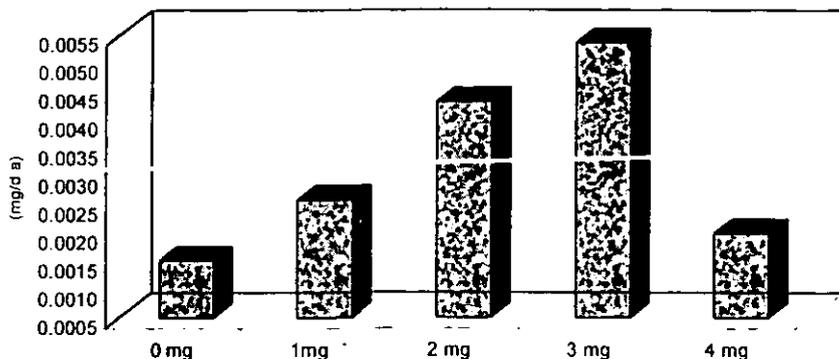


Fig. 5. Crecimiento diario en miligramos para cada uno de los tratamientos aplicados a *Carassius auratus* var. *bicaudatus*

□ RELACIÓN PESO /LONGITUD

Para todos los grupos experimentales se presentó un crecimiento de tipo isométrico según lo estipulado en Ricker (1975), ya que las pendientes estadísticamente, para todos los grupos fueron igual a 3 ($p < 0.05$); para los organismos control (Fig. 6A) se presentó el siguiente modelo:

$$W = 1.00023 L^{3.0732}$$

$$r^2 = 0.9829$$

$$(t_{\text{exp}} = 0.7430 < t_{\text{tablas}} = 2.110)$$

El modelo que representó la relación entre el peso y la longitud para los peces a los que se les aplicó 1 mg de cobamamida/50g de alimento (Fig. 6B) fue el siguiente:

$$W = 1.00069 L^{2.8274}$$

$$r^2 = 0.9522$$

$$(t_{\text{exp}} = -1.1217 < t_{\text{tablas}} = -2.110)$$

Los organismos a los que se les aplicó 2 mg (Fig. 6C) de cobamamida/50g de alimento presentaron el siguiente modelo para la relación peso/longitud:

$$W = 1.00046 L^{2.9304}$$

$$r^2 = 0.9922$$

$$(t_{\text{exp}} = -1.1097 < t_{\text{tablas}} = -2.110)$$

Para los peces a los que se les aplicó 3 mg de cobamamida/50g de alimento (Fig. 6D) tuvieron el siguiente modelo:

$$W = 1.000023 L^{3.097}$$

$$r^2 = 0.9821$$

$$(t_{\text{exp}} = 0.2313 < t_{\text{tablas}} = 2.110)$$

Por último el modelo que representó la relación peso/longitud para los organismos a los que se les aplicó 4 mg de cobamamida/50g de alimento (Fig. 6E) fue el siguiente:

$$W = 1.000020 L^{3.02084}$$

$$r^2 = 0.9839$$

$$(t_{\text{exp}} = 2.099 < t_{\text{tablas}} = 2.110)$$

Con lo que respecta al tipo de crecimiento (Tabla 9) se determinó después de aplicar la prueba de significancia de pendientes que el crecimiento en todos los grupos fue isométrico, ya que no existen diferencias significativas ($p < 95\%$) en las concentraciones, siendo esto para esta especie en particular el adecuado, pues conservan una forma esferoidal, guardando una proporción entre la longitud y el peso.

Tabla 9. Valor de pendiente y tipo de crecimiento ($p < 95\%$) obtenidas de la aplicación de la relación peso/longitud para cada concentración de cobamamida en 50 g de alimento.

| Concentración en 50 g de alimento | Pendiente | Tipo de crecimiento |
|-----------------------------------|-----------|---------------------|
| 0 mg | 3.0732 | Isométrico |
| 1 mg | 2.8274 | Isométrico |
| 2 mg | 2.9304 | Isométrico |
| 3 mg | 3.0970 | Isométrico |
| 4 mg | 3.0208 | Isométrico |

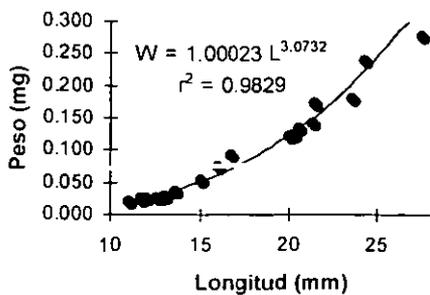
Con lo que respecta al factor de condición se observó que para los organismos control se registró 1.0023 y al realizar comparaciones entre los tratamientos se obtuvo que los organismos a los que se les aplicó 1 y 2 mg de cobamamida/50g de alimento presentaron un factor de condición mayor al control (1.0069 y 1.00046 respectivamente), mientras que los organismos a los que se les aplicó 3 y 4 mg/50g de alimento presentaron

un factor de condición menor al control (1.000023 y 1.000020 respectivamente), por lo tanto para determinar que lote experimental fue el más adecuado con lo que respecta al factor de condición se realizó la comprobación mediante la comparación del factor de condición inicial y el final para cada uno de los tratamientos obteniéndose los siguientes resultados (Tabla 10).

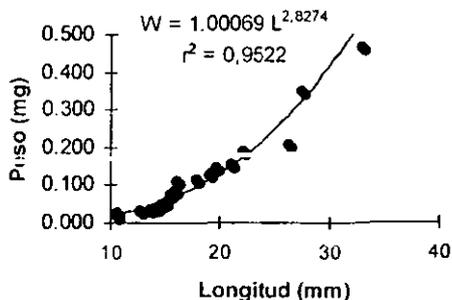
Tabla 10. Factor de condición inicial y final para cada uno de los tratamientos.

| Concentración en 50g de alimento | Factor de condición inicial | Factor de condición final |
|----------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 0mg | 1.26×10^{-5} | 1.18×10^{-5} |
| 1mg | | 2.80×10^{-5} |
| 2mg | | 1.95×10^{-5} |
| 3mg | | 1.09×10^{-5} |
| 4mg | | 0.74×10^{-5} |

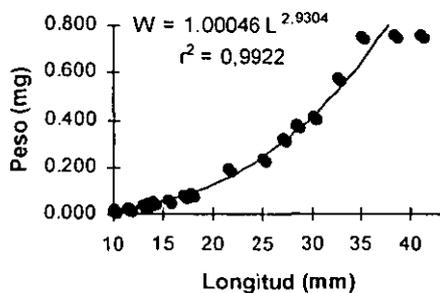
El factor de condición inicial (F_{ci}) fue solo uno, ya que todos los peces japoneses utilizados, se mantuvieron en las mismas condición al principio de la experimentación, pertenecen a la misma cohorte, de muy similares longitudes y por lo tanto es de suponerse que al inicio de la experimentación las condiciones fisiológicas de las crías fueron las mismas para todos los lotes, mientras que el factor de condición final (F_{cf}) fueron diferentes para cada uno de los grupos experimentales debido a que fueron sujetos a diferentes concentraciones de cobamamida. Al comparar los factores de condición finales con el original se observó que el F_{cf} de los organismos a los que se les aplicó 2 y 3 mg de cobamamida fueron más elevados que el F_{ci} , por lo que estos organismos presentaron un mejor bienestar fisiológico.



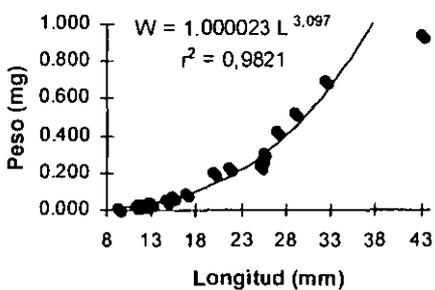
A



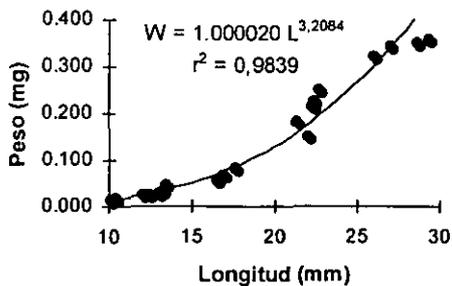
B



C



D



E

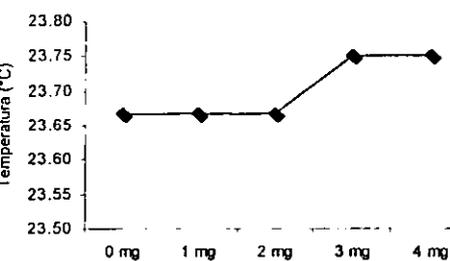
Fig. 6: Relación peso /longitud de japoneses (*Carassius auratus* var. *bicaudatus*) para cada una de las concentraciones de cobamamida en 50g de alimento, A organismos control, B concentración 1mg, C concentración 2 mg, D concentración 3 mg, E concentración 4 mg.

□ ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

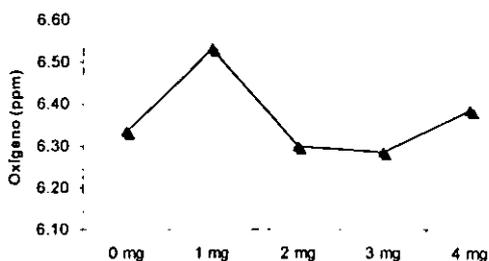
Los parámetros fisicoquímicos se registraron una vez por mes y únicamente con el fin de mantener las mismas condiciones durante el desarrollo del proyecto. En la Tabla 11 se observan los promedios para cada uno de los sistemas y sus gráficos correspondientes (Fig. 7).

Tabla 11. Promedios registrados durante la experimentación: Temperatura (°C), oxígeno disuelto (ppm), nitratos (mg/l) y nitritos (mg/l).

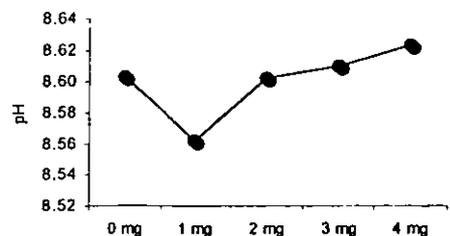
| | Temperatura (°C) | Oxígeno (ppm) | pH | Nitratos (mg/l) | Nitritos (mg/l) |
|------|------------------|---------------|------|-----------------|-----------------|
| 0 mg | 23.67 | 6.33 | 8.60 | 0.35 | 0.04 |
| 1 mg | 23.67 | 6.53 | 8.56 | 0.35 | 0.06 |
| 2 mg | 23.67 | 6.30 | 8.60 | 0.35 | 0.06 |
| 3 mg | 23.75 | 6.28 | 8.61 | 0.37 | 0.06 |
| 4 mg | 23.75 | 6.38 | 8.62 | 0.35 | 0.06 |



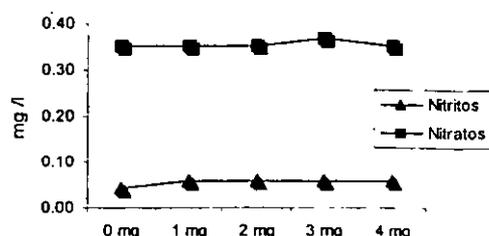
A



B



C



D

Fig. 7. Promedios de temperatura en °C (A), oxígeno disuelto expresado en ppm (B), pH (C) obtenidos para cada uno de los acuarios durante el tiempo de experimentación, así como los niveles de nitritos y nitratos (D) expresados en mg/l.

Con lo que respecta a la temperatura para cada uno de los sistemas se mantuvo de 24°C como máximo y 23°C como mínimo, existiendo una variación mínima de 0.08°C entre los promedios, para los organismos control las temperaturas fluctuaron entre los 23°C y los 24°C, mientras que los organismos experimentales (1-4 mg de cobamamida) se mantuvieron entre los 23.5°C y los 24°C (Tabla 12, Fig. 8).

Tabla 12. Registros de la temperatura (°C) a un tiempo determinado (días) durante el desarrollo del proyecto para cada uno de los sistemas y sus promedios finales.

| Temperatura | 24 días | 50 días | 74 días | 99 días | 125 días | 160 días |
|-------------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|
| 0 mg | 23 | 23.5 | 24 | 23.5 | 24 | 24 |
| 1 mg | 24 | 23.5 | 23.5 | 24 | 23.5 | 23.5 |
| 2 mg | 23.5 | 24 | 23.5 | 23.5 | 23.5 | 24 |
| 3 mg | 24 | 23.5 | 24 | 23.5 | 23.5 | 24 |
| 4 mg | 23.5 | 24 | 23.5 | 24 | 24 | 23.5 |

En cuanto a la concentración de oxígeno disuelto en el agua se registraron desde los 6.6 ppm como máximo y 6.2 ppm como mínimo; el sistema de los organismos control presentó un promedio de 6.33 ppm, con un mínimo de 6.2 ppm y un máximo de 6.4 ppm; los organismos a los que se les aplicó de 1mg de cobamamida presentaron un promedio de 6.53 ppm, con un máximo de 6.6 ppm y un mínimo de 6.4 ppm; los organismos a los que se les aplicó 2 y 3 mg registraron un promedio de 6.28 ppm, con un máximo de 6.3 ppm y un mínimo de 6.2 ppm; por último los organismos a los que se les aplicó 4 mg registraron un promedio de 6.38 ppm, con un máximo de 6.4 ppm y un mínimo de 6.3 (Tabla 13, Fig. 9).

Tabla 13. Registros de la concentración de oxígeno disuelto en cada uno de los sistema.

| Oxígeno | 24 días | 50 días | 74 días | 99 días | 125 días | 160 días |
|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|
| 0 mg | 6.4 | 6.3 | 6.4 | 6.2 | 6.4 | 6.3 |
| 1 mg | 6.6 | 6.5 | 6.6 | 6.4 | 6.5 | 6.6 |
| 2 mg | 6.3 | 6.4 | 6.3 | 6.3 | 6.2 | 6.3 |
| 3 mg | 6.3 | 6.3 | 6.3 | 6.3 | 6.2 | 6.3 |
| 4 mg | 6.4 | 6.4 | 6.3 | 6.4 | 6.4 | 6.4 |

El pH registrado durante la experimentación fueron constantes para cada uno de los acuarios (Tabla 14, Fig. 10), el sistema control registró un promedio de 8.60 con un mínimo de 8.57 y un máximo de 8.63; el sistema al cual se le aplicó 1 mg de cobamamida presentó un promedio de 8.56

con un mínimo de 8.52 y un máximo de 8.59; para el de 2 mg registró un promedio de 8.60 con un mínimo de 8.55 y un máximo de 8.64; para el sistema de 3 mg se obtuvo un promedio de 8.61 con un mínimo de 8.58 y un máximo de 8.63 y por último el sistema de 4 mg con un promedio de 8.62 con un mínimo de 8.59 y un máximo de 8.66. Todos los acuarios se mantuvieron en condiciones básicas.

Tabla 14. Registros de pH para cada uno de los sistemas durante la fase experimental.

| pH | 24 días | 50 días | 74 días | 99 días | 125 días | 160 días |
|------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|
| 0 mg | 8.57 | 8.59 | 8.6 | 8.61 | 8.62 | 8.63 |
| 1 mg | 8.52 | 8.54 | 8.55 | 8.57 | 8.59 | 8.6 |
| 2 mg | 8.55 | 8.58 | 8.58 | 8.61 | 8.64 | 8.65 |
| 3 mg | 8.58 | 8.6 | 8.61 | 8.62 | 8.62 | 8.63 |
| 4 mg | 8.59 | 8.61 | 8.61 | 8.63 | 8.64 | 8.66 |

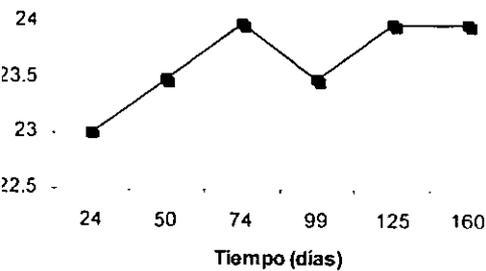
En cuanto a los valores de nitritos se registraron siempre concentración uniformes (Tabla 15, Fig. 11), desde 0.05 mg/l como mínimo y 0.1 mg/l como máximo. Para los registros de nitratos (Tabla 16, Fig. 11) se tuvieron valores desde 0.1 mg/l como mínimo y 0.5 mg/l como máximo. Se realizaron cambios parciales de agua, ya que al establecer filtros biológicos el amonio generado por los peces es transformado a nitritos y estos se oxidan para dar nitratos todos tóxicos para los japoneses, por lo tanto se recomienda llevar a cabo cambios parciales de agua de por lo menos el 25% (www.goldfishguy.com).

Tabla 15. Registros de nitritos (mg/l) para cada uno de los sistemas durante la fase experimental.

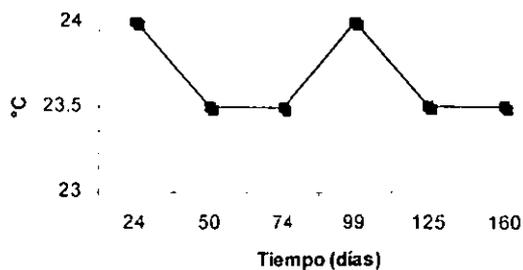
| Nitritos | 24 días | 50 días | 74 días | 99 días | 125 día | 160 días |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| 0 mg | 0 | 0 | 0.05 | 0.05 | 0.1 | 0.05 |
| 1 mg | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.1 | 0.05 |
| 2 mg | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.1 | 0.05 |
| 3 mg | 0 | 0.05 | 0.1 | 0.05 | 0.1 | 0.05 |
| 4 mg | 0 | 0.05 | 0.1 | 0.05 | 0.1 | 0.05 |

Tabla 16. Registros de nitratos (mg/l) para cada uno de los sistemas durante la fase experimental.

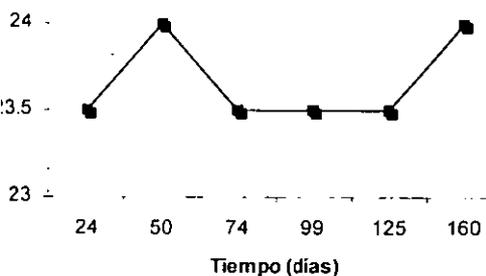
| Nitratos | 24 días | 50 días | 74 días | 99 días | 125 días | 160 días |
|----------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|
| 0 mg | 0.1 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| 1 mg | 0 | 0.1 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| 2 mg | 0 | 0.1 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| 3 mg | 0.1 | 0.1 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| 4 mg | 0 | 0.1 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |



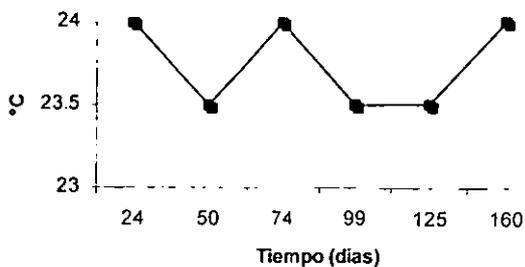
A



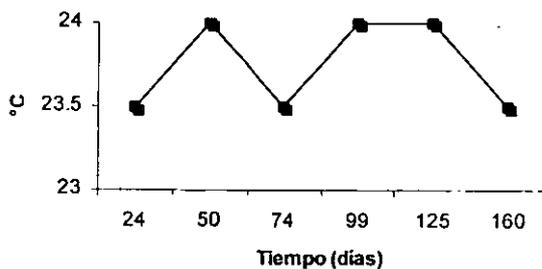
B



C

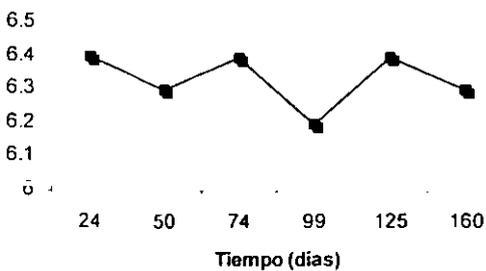


D

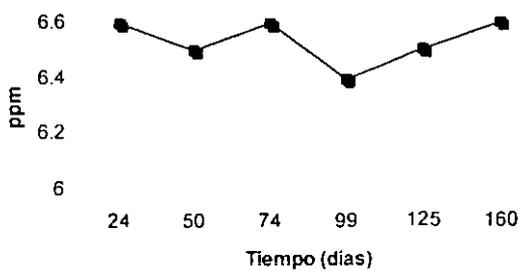


E

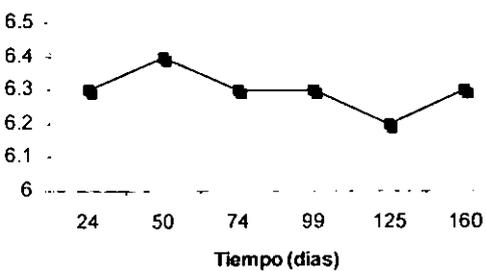
Fig. 8. Registros de temperatura (°C) durante el tiempo de experimentación (días) para cada uno de los tratamiento. A grupo control, B 1mg de cobamamida/50g de alimento, C 2 mg de cobamamida/50g de alimento, D 3 mg de cobamamida/50g de alimento y E 4mg de cobamamida/50g de alimento.



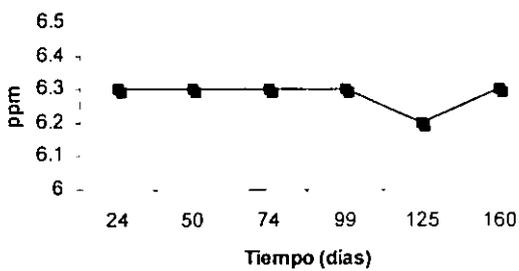
A



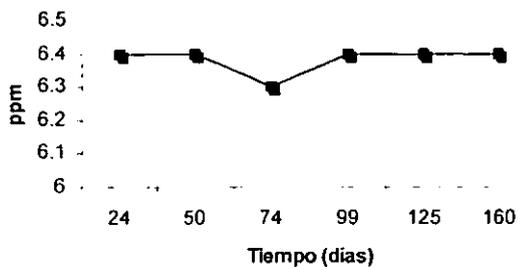
B



C

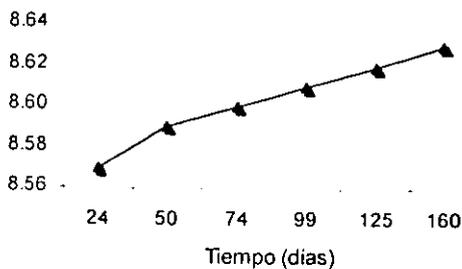


D

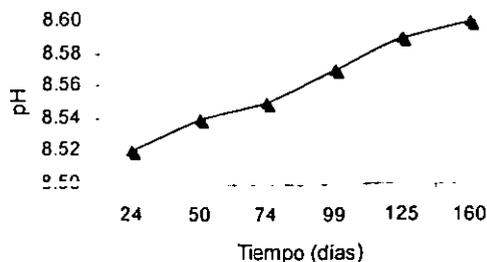


E

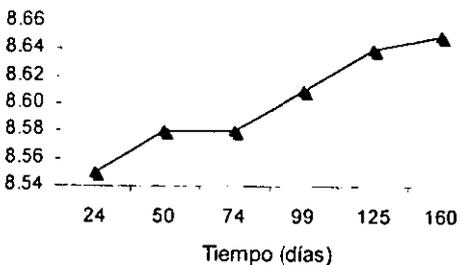
Fig. 9. Registros de la concentración de oxígeno disuelto (ppm) en el agua de cada uno de los sistemas durante el tiempo (días) de experimentación. A organismos control, B 1 mg de cobamamida/50g de alimento, C 2 mg de cobamamida/50g de alimento, D 3 mg de cobamamida/50g de alimento y E 4 mg de cobamamida/50g de alimento.



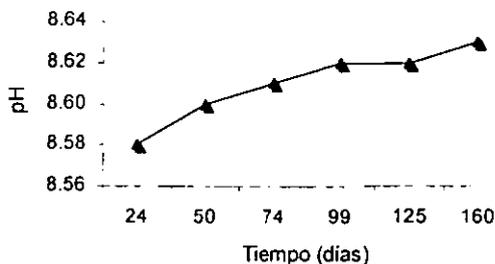
A



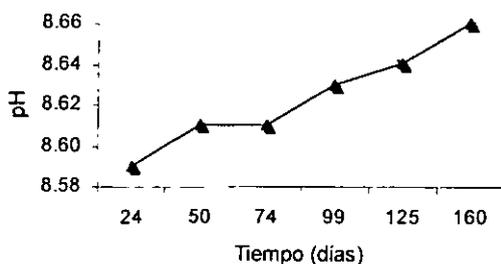
B



C

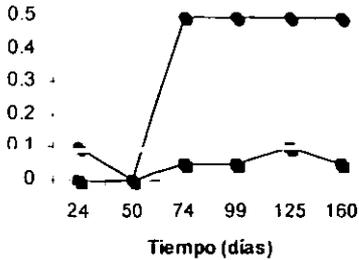


D

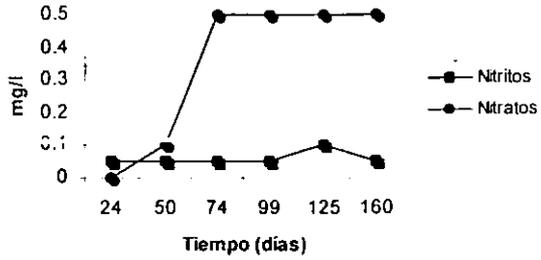


E

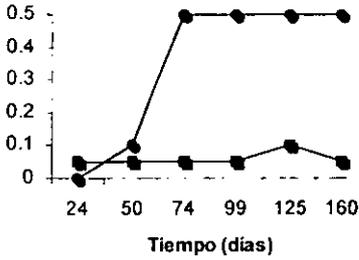
Fig. 10. Registros de pH en el agua de cada uno de los sistemas durante el tiempo (días) de experimentación. A organismos control, B 1mg de cobamamida/50g de alimento, C 2mg de cobamamida/50g de alimento, D 3mg de cobamamida/50g de alimento y E 4mg de cobamamida/50g de alimento.



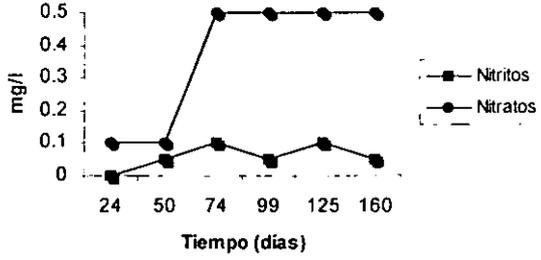
A



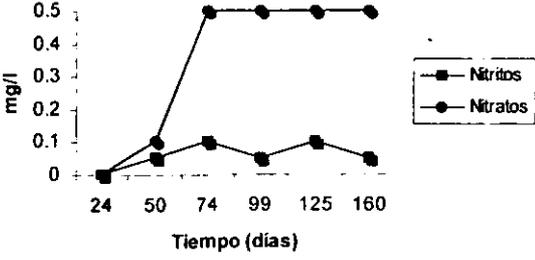
B



C



D



E

Fig. 11. Registros de nitritos y nitratos (mg/l) para cada uno de los tratamientos durante el tiempo (días) de experimentación. A grupo control, B 1mg de cobamamida/50g de alimento, C 2mg de cobamamida/50g de alimento, D 3mg de cobamamida/50g de alimento, E 4mg de cobamamida/50g de alimento.

VII. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

La nutrición, definida como el conjunto de procesos filológicos por los cuales el organismo recibe, transforma y utiliza las sustancias químicas contenidas en los alimentos, es uno de los más importantes aspectos dentro de los procesos de investigación, además de constituir uno de las operaciones de mayor costo en la acuicultura; una mala alimentación trae como resultado un pobre crecimiento, que los organismos se enfermen, que no lleguen a reproducirse, además de representar un gasto en infraestructura y tiempo (Landau, 1992).

En el presente trabajo se probó el uso de un promotor de crecimiento llamado cobamamida (modificadores digestivos) para incrementar el crecimiento de crías de peces japoneses (*Carassius auratus* var. *bicaudatus*) en el menor tiempo posible y así obtener un beneficio de ahorro en infraestructura, tiempo y sobre todo monetario.

Aunque no existen estudios realizados con esta especie y la cobamamida, éste es un promotor de crecimiento de uso pediátrico en humanos, las concentraciones recomendadas para este promotor van de los 50 microgramos hasta los 3 miligramos (www.smartbasics.com/b12.htm), por lo tanto, se podría pensar que partiendo de las concentraciones recomendadas para humanos, se realicen los cálculos necesarios para aplicar las dosis de acuerdo al peso de los peces y a sus características fisiológicas, además de que la vitamina B₁₂ no es tóxica cuando se aplica en exceso, excretándose fuera del organismo a través de la orina (www.smartbasics.com/b12.htm). No es fácil hacer una estimación clara de las necesidades de cada vitamina, puesto que éstas varían con factores como la edad, el peso, la situación fisiológica e incluso por la influencia de otros componentes de la dieta (<http://milksci.unizar.es/nut/vitaminas.html>). Según Roth, Lawrence y Bobik (1996) la vitamina B₁₂ interviene en el metabolismo del ácido desoxirribonucleico, haciendo a las cobamamidas un factor necesario para el crecimiento y desarrollo de especies animales, tales como las ratas, cerdos jóvenes y recientemente utilizadas en peces.

El crecimiento que se observa al aplicar cobamamida a los diferentes organismos, incluso en el hombre, se debe a que la vitamina B₁₂ posee una acción beneficiosa cuando se aplica en forma de cianocobamamidas o hidroxocobamamida o de extracto de hígado que contiene dicha vitamina, ya que provoca un aumento de apetito, resulta indispensable para la formación de glóbulos rojos y para el crecimiento y regeneración de los

tejidos (www.mypages.goplay.com/biomoleculas), a nivel de la molécula ósea, la administración de cobamamida produce cambios rápidos, favorece la división y maduración de las células primitivas de la medula ósea y las hace seguir la serie normal, normaloblástica de dicho desarrollo, también constituye un factor necesario para un trofismo conveniente del sistema nervioso y células epiteliales, bucales sobre todo (Roth, *et al.*, 1996).

Al aplicar diferentes concentraciones de cobamamida se logró tener un margen más amplio de que concentración es la más adecuada para esta especie, encontrando que las más efectivas para *Carassius auratus* var. *bicaudatus* es aplicando 2 mg de cobamamida por cada 50 g de alimento; aunque es importante comentar que la concentración de 3 mg también tiene efectos favorables para esta especie en particular. La concentración que tuvo menor efecto fue la de 1 mg de cobamamida ya que registró los menores incrementos. Este incremento en todos los grupos experimentales en peso y longitud no fue de manera inmediata, ya que se observó que en los primeros días de experimentación fue lento. Los peces presentan una aclimatación al nuevo medio la cual dura aproximadamente dos o tres semanas, durante este tiempo existen cambios químicos en los organismos debido a factores externos aun cuando estos estén debidamente controlados (Lovell, 1998). El tiempo de aclimatación varía dependiendo de la especie, la sensibilidad del pez, el tamaño, etc.

Este incremento, aunque no en un rango muy amplio probablemente a la falta de espacio, del peso y la longitud es debido únicamente al promotor ya que los parámetros físicos siempre fueron constantes.

Los peces japoneses son organismos que toleran un gran rango de temperatura, desde 2°C hasta los 28°C (Aguilar, 1997), por lo que en este trabajo la temperatura siempre se mantuvo dentro el rango óptimo para esta especie, ya que según Britz, *et al.* (1997) la temperatura es un factor primordial que determina la tasa metabólica de los organismos, por lo tanto tienen efectos fisiológicos en los peces. En lo que respecta a la concentración de oxígeno y debido a que los japoneses son peces de agua fría-templada y en general más voluminosos que los tropicales, producen más detritus, por lo tanto requieren más oxígeno, además de que los peces de agua fría-templada tienen un aumento del régimen metabólico y el consumo de oxígeno se eleva al doble cada 5°C de aumento de la temperatura (Aguilar, 1997) por tal razón la concentración de oxígeno siempre se mantuvo alrededor de los 6 ppm.

Al comparar el crecimiento absoluto final (después de los 175 días de experimentación) tanto en peso como para longitud para ambas concentraciones, resultaron ser bajos con respecto a otros estudios enfocados principalmente a cultivo de carpas (Zweing, 1989). Esta diferencia puede presentarse porque el peso y la longitud inicial utilizado por el autor citado es mucho mayor que el empleado en este estudio y los peces de la etapa juvenil poseen una tasa de crecimiento más alta que la de las crías, según lo explica Hepher (1985).

Es importante recalcar que al término de las 20 semanas de experimentación, las crías de los 5 lotes ya presentaban el sello rojo característico de esta variedad y la forma característica de japonés.

Por otro lado, hasta ahora son muy escasos los conocimientos disponibles sobre las necesidades de los peces en cobamamidas y respecto a la acción que tiene. Existen trabajos inéditos donde se aplicó cobamamida a diferentes especies, por ejemplo se obtuvo un incremento en peso y longitud en *Xiphophorus helleri* cuando se le aplicó 1 mg de cobamamida en el alimento (Barrón y Niño, 1997); otra especie que incrementó su peso, pero no su longitud fue *Poecilia latipina*, también al aplicarle 1 mg de cobamamida en el alimento, aunque no existe ningún incremento en *Poecilia latipina* cuando se aplicó la cobamamida directamente en el agua (Espinoza, *et al.*, 1996). Si bien estos datos comprueban que al aplicar una concentración de cobamamida en el alimento para estas especies en particular hay un incremento, ya sea de peso o de longitud, no se aplicaron otras concentraciones y por lo tanto no hay punto de comparación.

Se sabe que la deficiencia de vitamina B₁₂ en el humano causa la anemia perniciosa y que en animales causa usualmente la anemia microcística y que además produce un pobre crecimiento, en peces en particular produce anemia, disminución en el conteo de eritrocitos, bajos valores de hemoglobina y un crecimiento deficiente (Lovell, 1998), aunque en carpa y tilapia no hay ningún efecto por deficiencia de cobamamida en la dieta, ya que se cree que es secretada intestinalmente, aunque no hay evidencia de que las bacterias intestinales sintetizan vitamina B₁₂ y en qué cuantía. En determinadas especies de peces puede considerarse posible una cierta síntesis, y presumiblemente se realiza (Yanase, 1955), producida por la microflora que existe en algunas especies dentro del intestino (Sugita, 1991). Ahora lo que sí es cierto, es que algunos peces utilizan la vitamina B₁₂ para diferentes funciones, por ejemplo la agregación de cobamamida al pienso para peces en la cuantía de 30 a 40 µg/kg

originan en crías y alevines de trucha arco iris una mejora del crecimiento entorno al 19-85% (Trofimova, 1962 en Steffens, 1987). Además de un incremento del crecimiento hasta del 14%, la agregación de vitamina B₁₂ al pienso motiva la elevación de la tasa de hemoglobina y del número de glóbulos rojos en salmones (Priovol'nev y Kuroleva, 1971 en Steffens, 1987). También Karamuceva *et al.* (1972) informaron sobre la existencia de efectos de la adición de vitamina B₁₂ sobre el crecimiento y el cuadro hemático.

Aoe (1980), en su trabajo realizado con pez gato y anguilas, ha descubierto que un crecimiento pobre y una falta de apetito observado en estos peces, se debe principalmente a una deficiencia de vitamina B₁₂ en las dietas.

Cuando se administra pienso disecado a truchas arco iris hasta la maduración sexual, se incrementa considerablemente el contenido de vitamina B₁₂ en diversos órganos con el proceso de maduración (Yanase, 1963). De aquí puede sacarse la conclusión de que la cobamamida también reviste importancia para la maduración sexual por lo menos en trucha arco iris.

En pruebas realizadas por Hashimoto (1953), la agregación de vitamina B₁₂ de 30 a 90 µg/kg de pienso no ejercían influencia sobre el desarrollo de carpas jóvenes. Más en el cultivo de carpas de dos veranos, adiciones de 12 a 21 µg de vitamina B₁₂/kg de pienso compuesto proporcionaban, en cambio, aumentos de peso del 12 y 22%. Además se registra un óptimo poder de conversión del pienso. El contenido de hemoglobina, el número de glóbulos rojos y las tasas de proteína sérica y vitamina B₁₂ en hígado son mayores (Sidel'nikov, 1971 en Steffens, 1987).

También es importante indicar que en ejemplares de *Labeo rohita* de 2.4 g de peso corporal, la carencia de cobamamida provoca un mal crecimiento, desventajoso aprovechamiento del pienso, anemia y leucocitosis (John y Mahajan, 1979). Estas manifestaciones se agravan cuando simultáneamente falta en el pienso ácido fólico. En el siluro marmóreo, la agregación de vitamina B₁₂ al pienso ejerce efecto favorable sobre el crecimiento, de acuerdo con las determinaciones de Dupree (1966). La disminución de las ganancias de peso por falta de cobamamida sólo se presenta, sin embargo, al cabo de largo tiempo (39 semanas). A muchos piensos compuestos para peces se les agrega escasas cantidades de vitamina B₁₂, lo que es recomendable en la producción intensiva. En los piensos para salmónidos, la adición de cobamamida

oscila entre los 0.02 y 0.1 mg/kg. En general, basta con añadir como máximo 0.05 mg de vitamina B₁₂/kg de pienso (Steffens, 1987).

La mayoría de los estudios que se han hecho para incrementar el crecimiento en diferentes especies es utilizando hormonas siendo estos muy costosos, aunado a que estas se aplican cuando los peces ya alcanzaron una cierta talla ya que la aplicación de la mayoría de ellas es por vía intramuscular, por lo que en este trabajo se da otra alternativa, utilizando otro promotor de crecimiento que es más económico y de fácil aplicación en etapas larvarias o juveniles.

VIII. CONCLUSIÓN

- ❖ La cobamamida es un factor de crecimiento de uso pediátrico que se puede utilizar con diferentes especies de animales, obteniéndose resultados muy favorables, cuando se le aplica a crías de japoneses (*Carassius auratus*) en concentraciones de 2 mg/50g de alimento, ya que se incrementa tanto en peso como en longitud, reduciendo así los gastos de infraestructura, tiempo y sobre todo en los implicados en la alimentación, cumpliendo así el objetivo de este trabajo obteniendo una talla comercial en menor tiempo, además de presentar el sello rojo característico de esta variedad en todos los lotes experimentales. Es importante recalcar que todas las concentraciones presentaron crecimiento mayor al del grupo control, pero la más sobresaliente fue la de 2 mg/50g de alimento.
- ❖ Es recomendable utilizar este promotor de crecimiento, además de que se obtienen resultados buenos en cuanto al incremento en el crecimiento, es un medicamento barato, de fácil aplicación y completamente comercial, puesto que se puede obtener en cualquier farmacia o tienda de autoservicio.
- ❖ Es importante seguir probando diferentes concentraciones para descubrir si existen otras mucho más efectivas que las utilizadas en este trabajo, tomando en cuenta que la cinocobamamida y la hidroxocobamamida (la primera la vitamina B₁₂ propiamente dicha y la segunda una forma sintética) carecen de toxicidad y no producen hipervitaminosis, ni reacciones adversas con su uso, cuidando el factor especie.

IX. LITERATURA CITADA

ABI-AYAD, A. AND P. KESTEMONT, 1994. Comparison of the nutritional status of goldfish (*Carassius auratus*) larvae fed with live, mixed or dry diet. *Aquaculture* 128(1994): 163-176.

AGUILAR, G. H., 1997. El acuario para *Carassius*. La Plata, Argentina, en <http://members.tripod.com>.

AGUIRRE, F. F., 1993. Historia del acuarismo en México. Orígenes. *Aquarium* 1: 10-11.

ANDREWS, J. W., AND J. W. PAGES, 1980. Effects of dietary cholecalciferon and ergocalciferol on catfish. *Aquaculture* 19(1980): 49-54.

ANÓNIMO, 1997. La participación de los centros acuícolas de la SEMARNAP en el desarrollo de la acuicultura en México. *Panorama acuícola al servicio de la acuicultura y la pesca de México*. Vol. 2; 5:10.

AOE, H., MIMURA, T., SAITO, T., AND A. KOMO. 1968. Requirement of young carp for vitamin A. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries*. 34(1968): 959-964.

AOE, H., 1980. Vitamins. In: C. Ogino (Ed.), *Nutrient and feed of fish*. Koseisha-Koseikaku, Tokyo, p.p. 186-232.

ARCE, M. B., 1989. Efecto del ácido nicotínico sobre el crecimiento híbrido de *Oreochromis mossambicus*. *Tesis de Licenciatura*, F.M.V.Z. UNAM, México.

ATTAWAY, H. D. AND O. R. ZABORSKY, 1993. *Marine Biotechnology*. Vol. I, Pharmaceutica and Biochotive Natural Productos. Plenum Press. New York and London. P.p. 154-157.

BADUIS, D. S., 1990. *Química de los alimentos*. Alhambra Mexicana, México, D.F., p.p. 648.

BARDACH, J. E, J. H. RYTHER, Y W. O. MCLARNEY, 1986. *Acuicultura crianza y cultivos de organismos marinos y de agua dulce*. AGT Editor, S.A., p.p. 741.

BARRÓN, L. Y., Y S. R. NIÑO, 1997. Aplicación de cobamamida a *Xiphophorus helleri*. Laboratorio de Ecología de Peces, UNAM, Campus Iztacala, Inédito.

BENDER, E. A., 1977. *Nutrición, alimentos dietéticos*. 2ª ed. Acribia; Zaragoza, España. p. p. 358.

BERGOT, P., 1986. Elevage larvaire de la carpe commune (*C. carpio*): alimentation artificielle, *In*: R. Billard and J. Marcel (Eds.). *Aquaculture of Cyprinids* 32(1986): 134-143.

BOJÓRQUEZ, C. L., 1998. Modelos biomatemáticos en acuicultura. *In*. *Ecología de los Sistemas Acuículas*. AGT Editor S.A. México, D. F. p.p. 159-200.

BRITZ, J. P., T. HECHT, T. AND S. MANGOLD, 1997. Effect of temperaure on growth, feed consumption and nutritional indices of *Haliotis midae* fed a formulated diet. *Aquaculture*, 152(1997): 191-203.

CAVARI, B. AND B. FUNKENSTEIN, 1993. Effect of growth hormone on the growth rate of the filthead seabream *Sparus aurata* and use of different constructs of the production of transgenic fish. *Aquaculture* 111(1993):189-199.

CRUZ, G. A., FRANCO L. J., RODRÍGUEZ V. A., CHAVEZ, R., CHAZARO O. S. Y R. A. ROCHA, 1992. Efecto de la cobamamida (coenzima de la vitamina B₁₂) en el crecimiento de *Poecilia reticulata*. Memorias XII, Coloquio de Investigación, UNAM, ENEP Iztacala, México, 260 p.

CRUZ, G. A., RODRÍGUEZ V. A. Y M. PADILLA, 1994. Utilización de fármacos para acelerar el crecimiento en larvas de peces de ornato. Memorias IV Congreso Nacional de ictiología, UNAM, ENEP Iztacala, México, 102 p.

DANIEL, W. W., 1980. Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud. Limusa, México, 485 p.

DABROWSKI, K, Y S. J. KAUSHIK., 1986. The concept of pyrimidine essentiality in fish. *Speculat. Sci. Technol.* 58(1986): 447-457.

DE LA LANZA, E. G., 1998. Aspectos fisicoquímicos que determinan la calidad del agua. *In: Ecología de los Sistemas Acuícolas.* AGT Editor S.A. México, D. F. p .p. 1-24.

DUPREE, H. K., 1966. Vitamins essential for the growth of channel catfish. *Techn. Papers, U. S. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife* 7:1-12.

ESPINOZA, V. A., L. G. LUCIO Y S. H. PALACIOS, 1997. Efecto de la cobamamida (coenzima de la vitamina B₁₂) en el crecimiento (longitud y/O peso) de Molly albino (*Poecilia latipinna*), Laboratorio de ecología de peces, UNAM, Campus Iztacala, Inédito.

FOX, J. G., B. J. COHEN Y F. M. LOEW, 1984. *Laboratory animal medicine.* Academic Press, Inc. Harcourt Brace Jovanovich, Publishers, Orlando, Florida, p.p. 477-479 y 484-487.

FLUCHTER, J., 1982. Substance essential for metamorphosis of fish larvae extracted from *Artemia*. *Aquaculture* 27(1982): 83-85.

GERKING, S. D., 1978. *Ecology of fish production.* Blackwell Scientifics Publications. London. p.p. 447-469.

GEURDEN, I. J, RADUNZ NETO, AND P. BERGOT, 1993. Response of carp (*Cyprinus carpio*) larvae to dietary phospholipids. *In: From Discovery to Commercialization. Abstracts, WAQ'93, Torremolinos, Spain, May 26-28, 1993, p. 226.*

GOLDAN, O. D. POPPER, AND Y. KARPLUS, 1996. Management of size variation in juvenile gilthead sea bream (*Sparus aurata*) Y: Particle size and frequency of feeding dry and live food. *Aquaculture* 152(1996): 181-190.

GONZÁLEZ, R. O., 1993. Determinación de edad y crecimiento del peto *Scomberomorus cavalla* (Cuvier), en costas del Estado de Veracruz. *Tesis.* UNAM. ENEP Iztacala, México. p. p. 30-32.

KITAMURA, S., SUWA, T., OHARA, S. AND K. NAKAGAWA, 1967a. Studies on vitamin requirements of rainbow trout. II. The deficiency systems of fourteen kinds of vitamin. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries* 33(1967a):1120-1125.

KITAMURA, S., SUWA, T., OHARA, S. AND K. NAKAGAWA, 1967b. Studies on vitamin requirements of rainbow trout. III. Requirement of vitamin A and deficiency symptoms. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries* 33(1967b):1126-1131.

LAGLER, F. K., E. J. BARDACH, R. R. MILLER, Y D. R. MAY PASSINO, 1984. *Ictiología*. AGT editor, S.A. p. p. 489.

LANDAU, M. 1992, *Introduction to aquaculture*. John Wiley & Sons, Inc. New York, p.p. 133-142, 214-215 y 369-370.

LAM, T. J. AND R. SHARMA, 1985. Effects of salinity and throxine on larval survival, growth and development in the carp *Cyprinus carpio*. *Aquaculture* 44(3): 201-212.

LOCHMANN, T. R. Y H. PHILLIPS, 1994. Dietary protein requirement of juvenile golden shiners (*Notemigonus crysoleucas*) and goldfish (*Carassius auratus*) in aquaria. *Aquaculture* 128(1994): 277-285.

LOEZA, F. M., 1993. Efectos del olaquinox como promotor de crecimiento en tilapia (*Oreochromis mossambicus*), *Tesis Licenciatura*, Facultad de Ciencias, UNAM, México.

LOVELL, T, 1998. *Nutrition and feeding of fishes*, 2a Edition, Kluwer Academic Publishers, Boston, p.p. 51-52, 123-128.

MAGNUSON, J. J, 1962. An analysis of aggressive behavior, growth and competition for food and space in medaka (*Oryzias latipes*). *Can. J. Zool* 40(1962): 313-363.

MALISON, J. A., T. B. KAYES, B. C. WENTWORTH AND C. H. AMUNDSON, 1988. Growth and feeding responses of male versus females yellow perch *Perca flavescens* treated with estradiol. *Can. J. of Fisheries and Aquatic, Sci.* 45(1988): 1942-1948.

MAYLAND, J. H., 1978. *The complete home aquarium*. Grosset & Dunlap Publishers, New York. 73-77 pp.

MEYER, J. L., 1982. *Farmacología y terapéutica veterinarias*. Unión tipográfica Hispano-Americana, S.A. de C. V. México, p. p. 812-813.

NIÑO, E. M., 1997. El uso de comederos de alimentación en camarón cultivado en una finca de Honduras. *Panorama acuícola al servicio de la acuicultura y la pesca de México*. Vol. 2, 4:25-26.

PETROVICK, Y., J. LIBUSE, KNOTEK, Y L. PATRICK, 1990. *La gran enciclopedia de acuario*. Susaeta,. Checoslovaquia.

PHELPS, R., 1981. *Nutrición de peces*. Aurburn University, USA. p.p. 35-40.

QUINTANAR, S. N., 2000. Efecto producido en el crecimiento individual por la adición de un complemento vitamínico en dos especies de peces de ornato. *Tesis de Licenciatura*, ENEP Iztacala, UNAM, México.

RADUNZ NETO, J., G. CORRAZE, N. CHARLON, AND P. BERTOD, 1993. Essential n-3 fatty acid requirements of carp (*Cyrprino carpio*) larvae. *In: From Discovery to Commercialization. Abstracts, WAQ`93*, Torremolinos, Spain, May 26-28, 1993, p. 187.

RAMÍREZ, R., 1959. *Instructivo para la cría de las carpas* (Cripriño carpio). Departamento Técnico de la Dirección General de Pesca e Industria Conexas, Oficina de Estudios Biológicos. México, D. F.

REICHENBARCH-KLINKE, H., 1980. *Enfermedades de los peces*, Acribia, Zaragoza, España, p. p. 4-6.

REVUELTAS, J, s/a, ¿Tenemos idea de los que comemos? en www.verdemente.com

REYES, G. C, 1976, Empleo de insectos como complemento alimenticio para Bagre (*Ictalurus punctatus*). Boletín bimestral de la

División de ciencias Agropecuarias y Marítimas del ITESM, Monterrey, N. L. p. p. 26-31.

ROCKER, W. E., 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Department of the Environment Fisheries and Marine Service, Bulletin 191, 382 p.

ROTH, J. R., J. G. LAWRENCE, AND T. A. BOBIK, 1996. Cobalamin (coenzyme B₁₂): Synthesis and Biological Significance, *Annu. Rev. Microbiol.*, 50(1996):137-181.

SÁNCHEZ, P., Y R. J. VÁZQUEZ, 1980. Determinación del nivel óptimo de proteína cruda en dietas para *Tilapia nilotica*. *Revista Latinoamericana de Acuicultura*, 6(1980): 13-15.

SMITH-LEMMON, L., 1997. Utilización de medicamentos en acuicultura. En proceso la Norma Oficial Mexicana. *Panorama acuícola al servicio de la acuicultura y la pesca de México*. Vol. 2; 5:8-9.

SUGITA, H., C. MIYAJIMA AND Y. DEGUCHI, 1990. The vitamin B₁₂ producing ability of the intestinal microflora of freshwater fish. *Aquaculture* 92: 267-276.

STEFFENS, W., 1987. *Principios fundamentales de la alimentación de los peces*. Acribio, S. A. Zaragoza, España, p.p. 275.

WATTANNABE, T., 1985. Importance of the study of broodstock for further development of aquaculture. In: C. B. Cowey, A.M. Mackie and J.G. Bell (Eds.), *Nutrition and Feeding in Fish*. Academic Press, London, p.p. 395-414.

WOODWARD, B., 1982. Riboflavin supplementation of diets for rainbow trout. *J. Nutrition* 112(1982): 908-913.

YANASE, M., 1955. Studies on vitamina B₁₂ of aquatic animal. VI. The vitamin B₁₂ level in the gastric and intestinal content of fish. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries* 21(1955): 197-200.

ZAR, J. H., 1984. *Bioestadistical análisis*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, p.p. 718.

www.aquaculturemag.com

www.geocities.com

www.goldfishguy.com

www.informador.com.mx

<http://milksci.unizar.es/nut/vitaminas.html>

www.mypage.goplay.com/biomoleculas

www.smartbasics.com/b12.html

<http://web.indstate.edu/thcme/mwking/vitamins.html>

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA