

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

UNIDAD XOCHIMILCO

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS



**Efecto del nivel de proteínas y lípidos en el
crecimiento de *Goodea atripinnis* (Jordan, 1880)
(*Pisces: Goodeidae*)".**

ANGÉLICA VÁSQUEZ GONZÁLEZ

COMITÉ

CODIRECTOR: DR. JOSE LUIS ARREDONDO FIGUEROA

CODIRECTOR: DR. FERNANDO PLATA PÉREZ

ASESOR: DR. GERMÁN DAVID MENDOZA MARTÍNEZ



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

ACTA DE DISERTACIÓN PÚBLICA

No. 00006

Matrícula: 2131801773

Efecto del nivel de proteínas y lípidos en el crecimiento de *Goodea atripinnis* (Jordan, 1880) (Pisces: *Goodeidae*).



En la Ciudad de México, se presentaron a las 10:00 horas del día 24 del mes de julio del año 2018 en la Unidad Xochimilco de la Universidad Autónoma Metropolitana, los suscritos miembros del jurado:

DRA. GABRIELA VAZQUEZ SILVA
DR. FERNANDO XICOTENCATL PLATA PEREZ
DRA. ROCIO DEL PILAR RUEDA ZOZAYA
DRA. AMADA ISABEL OSORIO TERAN
DR. GERMAN DAVID MENDOZA MARTINEZ

Bajo la Presidencia de la primera y con carácter de Secretario el último, se reunieron a la presentación de la Disertación Pública cuya denominación aparece al margen, para la obtención del grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

DE: ANGELICA VASQUEZ GONZALEZ



ANGELICA VASQUEZ GONZALEZ
ALUMNA

y de acuerdo con el artículo 78 fracción IV del Reglamento de Estudios Superiores de la Universidad Autónoma Metropolitana, los miembros del jurado resolvieron:

Aprobar

REVISÓ

LIC. JULIO CESAR DE LARA ISASSI
DIRECTOR DE SISTEMAS ESCOLARES

Acto continuo, la presidenta del jurado comunicó a la interesada el resultado de la evaluación y, en caso aprobatorio, le fue tomada la protesta.

DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CBS

MTRO. RAFAEL DIAZ GARCIA

PRESIDENTA

DRA. GABRIELA VAZQUEZ SILVA

VOCAL

DR. FERNANDO XICOTENCATL PLATA PEREZ

VOCAL

Pilar Rueda Zozaya
DRA. ROCIO DEL PILAR RUEDA ZOZAYA

VOCAL

DRA. AMADA ISABEL OSORIO TERAN

SECRETARIO

DR. GERMAN DAVID MENDOZA MARTINEZ

Efecto del nivel de proteína y lípidos en el crecimiento de *Goodea atripinnis*

Introducción

La acuicultura es, en la actualidad, el sector de producción de alimentos que más rápidamente crece en el mundo, constituyendo hoy día aproximadamente el 50% de la producción acuática total (acuicultura y pesca) (FAO, 2010).

Durante los últimos 30 años se han dedicado muchos esfuerzos a mejorar la eficiencia del crecimiento de los peces mediante la manipulación de las dietas (Kiron, 2012; Oliva-Teles, 2012). En la actualidad, la optimización de las dietas y el control de las enfermedades son dos objetivos principales para garantizar la continua expansión de la acuicultura.

En el cultivo de organismos acuáticos una de las constantes preocupaciones es obtener una elevada tasa de crecimiento de acuerdo con la especie que se trabaja; este factor, aparentemente se cubre en la mayoría de las especies de crustáceos y peces cultivados en las granjas de producción mediante el suministro adecuado de alimentos balanceados. Sin embargo, frecuentemente los conocimientos que se manejan para cubrir los requerimientos proteicos de las especies no están bien fundamentados, debido a que se obtienen básicamente de manera empírica y en la mayoría de los casos, el sustento de la investigación científica está ausente o bien es limitado (Rodríguez-Serna y Carmona, 2002).

Debido a la falta de información y a una inconsciente sobreexplotación de las poblaciones naturales de esta especie que en los últimos años ha disminuido de manera drástica, con lo que se pone en riesgo su viabilidad económica.

La acuicultura en México ha tenido un crecimiento considerable en las dos recientes décadas y ha alcanzado una gran importancia comercial, así como también cada día existe un mayor interés de la comunidad científica de realizar investigaciones con las especies nativas. El cultivo de especies nativas puede ser la solución que permita recuperar a las poblaciones naturales que ahora se encuentran sobreexplotadas, en peligro o bien en riesgo de extinción.

Uno de los principales condicionantes para que se desarrolle el cultivo controlado de cualquier especie, es la nutrición y la alimentación, ya que está directamente relacionada con el desarrollo del organismo en todas las etapas de su historia de vida. Una dieta balanceada que cubra las necesidades particulares de cada

especie, permite que se desarrolle en un menor tiempo y de una mejor manera, disminuyendo considerablemente los costos de producción.

Existen pocos trabajos que estudien los requerimientos tanto de proteínas y lípidos para diversa especies nativas. La acuicultura mundial se encuentra en constante crecimiento y adquiere un nivel de importancia económico fundamental para generar alimentos de elevada calidad nutritiva, generar empleos y captar divisas; sin embargo, el desarrollo y consolidación de esta rama científica requiere el apoyo de otras ciencias entre tales como la biología reproductiva, la biología del desarrollo, la nutrición y alimentación, la economía y la sociología.

La nutrición y alimentación juega un papel fundamental en el dominio del cultivo de una especie ya que está directamente relacionada con su crecimiento, desarrollo y reproducción; por lo que en la actualidad se busca elaborar dietas que cubran los requerimientos nutritivos de una especie lo que es vital para el éxito del cultivo y su rentabilidad.

Goodea atripinnis

Los peces de la familia Goodeidae son ovíparos cyprinodontoides originarios de la Mesa Central de México (Uyeno et al., 1983). Comprenden aproximadamente 40 a 45 especies, cuatro de estas son encontrados en ríos de E.U. y el resto son de México del alto altiplano y su periferia. La diversidad de Goodeidae se genera de varios eventos asociados con vulcanismo y orogenia durante el plioceno y pleistoceno. Tapatía occidentalis, un fósil, conocido del grupo establece la mínima edad de los Goodeidae en el Mioceno (Webb y Miller, 1998).

Goodea atripinnis de alimentación superficial en aguas poco profundas lacustres (Torres, 1991). Es un pez omnívoro, con preferencia por los vegetales en las primeras fases de desarrollo, la cual cambia en tallas mayores cuando consume crustáceos, también consume en menor proporción algas, insectos y rotíferos, entre otros. Su crianza ocurre durante los meses más caliente y el número de embriones por hembra en promedio es de 19.1. El tamaño en machos es de 7 cm. y las hembras de 14.

REINO:Animalia

PHYLLUM: Chordata

SUBPHYLLUM: Vertebrata

SUPERCLASE: Osteichthyes

CLASE: Actinopterygii

SUBCLASE: Neopterygii

INFRACLASE: Teleostei

SUPERORDEN: Acanthopterygii

ORDEN: Cyprinodontiformes

SUBORDEN: Cyprinodontoidei

FAMILIA: Goodeidae

SUBFAMILIA: Goodeinae

GÉNERO: *Gooidea* Jordania

ESPECIE: 40 especies diferentes entre las cuales se encuentra *Gooidea atripinnis*

Goodea atripinnis tiene una amplia distribución a través de la vertiente del Pacífico de México, incluyendo la cuenca Lerma-Grande de Santiago, Río Ameca, Magdalena del lago y el Balsas y Armeria Cuencas y explota diferentes hábitats en lagos, lagunas, manantiales y arroyos salidas (Miller et al, 2005;.. de la Vega-Salazar, 2006) *G. atripinnis* es considerado como una especie tolerante (de la Vega-Salazar, 2006).

Goodea atripinnis Jordan, 1880, *G. luitpoldii* (Steindachner 1894 y *G. gracilis* Hubbs y Turner 1939.

Diagnóstico. Aleta dorsal con 12 a 15 rayos. Las primeras seis radios de la aleta anal del macho con que comprende un lóbulo anterior; longitud de la cabeza menos que la altura del cuerpo. Dientes secundarios se bífidos y se comprimen longitudinalmente. El hocico es triangular y alargada en una vista lateral.

Descripción. Sobre la base de cinco especímenes estudiados, las descripciones originales de *G. atripinnis*, *G. luitpoldii* y *G. gracilis*, y la descripción anatómica de Kobelkowsky (2005). Cuerpo alargado, comprimido considerablemente, y el dorso casi recta, poco elevada. Pedúnculo caudal profundo alrededor de la mitad de longitud, de longitud de la cabeza en los adultos. Profundidad de la variable del cuerpo, 2,6 a 3,7 en la longitud estándar (Hubbs y Turner, 1939). Intestino es alargado, con cerca de 12 segmentos transversales.

Moderada de los ojos (25 a 30% de longitud de la cabeza) dirigida hacia abajo en parte, algo más largo que el hocico. La cabeza corta y deprimido, triangular y en lugar destacado en una vista lateral. Espacio interorbital es amplio. Boca moderadamente ancho con un gape casi vertical.

Dientes de incluso fila externa bífida uniformemente, con lóbulos truncados; largo y delgado, muy comprimido longitudinalmente, más fuertemente curvado hacia atrás, alrededor de 40 en cada mandíbula, más o menos regularmente alternando; muy vagamente unida a la extremadamente estrecha, débil, y poco unido mordazas (Hubbs & Turner, 1939). Gill-espinas sobre el primer arco branquial relativamente largo, número de cerca de 39 a 45.

Aleta dorsal con 12 a 15 radios, de forma modal 13, aleta pectoral con 14 a 16, 15 de forma modal, aleta pélvica con seis rayos, aleta anal con 13 a 16, 16 de forma modal, anal del varón con seis de estos rayos que comprende lóbulo anterior, el

gonopodium, separados por categoría desde el resto de la aleta (Kobelkowsky, 2005), y with18 aleta caudal de 21 rayos, de forma modal 19. Origen de la aleta dorsal ligeramente por detrás de la de anal (rara vez en la misma vertical) en las hembras y los machos de baja, por lo general directamente sobre el origen anal en los hombres bien desarrolladas. Aleta dorsal redondeada y alargada. Margen posterior de la aleta caudal ligeramente redondeado. Aletas verticales oscuras, convirtiéndose en profundidad oscura en los adultos; pectoral oscuro pálido; pélvica claro, con manchas, o uniformemente oscuro.

Escalas bastante grandes, 38 (35 a 40) en una serie longitudinal, y 13 (12 a 16) en una fila transversal. Lados con manchas marrones y manchas densamente fijados en un fondo crema. Los adultos mayores son casi uniforme, en el fondo de color marrón rojizo a verde oscuro, excepto en el vientre amarillento. Joven con relativamente pocas manchas, sobre todo verticalmente alargadas, dispersos en los lados. Las manchas desaparecen en madura, sin embargo, el patrón de color de los adultos en ambos sexos consiste en rayas longitudinales entre las hileras de escamas (Kobelkowsky, 2005).

Distribución México central: Lerma y Grande de Santiago de cuenca y los antiguos elementos de dicho sistema, incluyendo la cuenca del río Ameca y cuencas endorreicas Magdalena Lago, Río Balsas y Armería y afluentes del Pacífico independientes en Nayarit, y las aguas adyacentes en Jalisco y Michoacán, Santa María y San Juan del Río Ríos en la vertiente atlántica, y los afluentes superiores de la cuenca del Pánuco en Querétaro y San Luis Potosí (Miller et al., 2005) y la parte superior del río Metztitlán, Hidalgo.



Requerimientos nutricionales

Para desarrollar bien la acuicultura, es imprescindible manejar y dominar los aspectos nutricionales de las especies bajo condiciones de cultivo; en este sentido, la necesidad de mejorar la calidad de los alimentos ha dado lugar a diversos trabajos de investigación que cubren varios campos del conocimiento científico que no sólo incluyen la nutrición y la tecnología para preparar y usar adecuadamente el alimento, si no también, la ecofisiología de los organismos lo que permite entender mejor su comportamiento y sus efectos fisiológicos (Cuzon y col., 1994) y de igual manera los mecanismos de percepción y captura del alimento, culminando con los procesos de ingestión, digestión y finalmente la asimilación que se expresa en el campo de crecimiento de los organismos cultivados (Rosas, 1996). Lovell (1991) presentó una revisión sobre la nutrición de las especies utilizadas en la acuicultura y propone una serie de temas que deben ser investigados para mejorar los estudios sobre los requerimientos alimenticios de las especies cultivadas, que incluyen considerar lo siguiente: a) los efectos de la talla, temperatura y manejo; b) los efectos de la nutrición sobre la salud de los peces y la calidad del producto y c) el desarrollo de la tecnología para la alimentación.

El objetivo principal cuando se pretende elaborar alimentos destinados para el consumo de los organismos acuáticos, es cubrir los requerimientos de nutrientes dietéticos y poder lograr un balance nutricional apropiado. El alimento producido debe tener una buena atractabilidad y palatabilidad, además, mantener una estabilidad de varias horas en el agua, para permitir su consumo total. Todo esto bajo la perspectiva de manejar un costo bajo y una aceptable rentabilidad. En la actualidad, la principal preocupación es lo que se refiere a los organismos acuáticos que presentan un potencial para su cultivo, reside en la necesidad de asegurar la ingestión de dietas balanceadas que cubran sus requerimientos nutricionales, además, de su efectividad para que generen buenas tasas de crecimiento y conversión alimenticia (Mendoza y col., 1996).

Los nutrientes requeridos por los peces para realizar sus funciones fisiológicas como el crecimiento y la reproducción son similares a los requeridas por los organismos terrestres. Los peces necesitan consumir proteínas, minerales, vitaminas y lípidos entre otros nutrimentos; esto lo pueden hacer de dos maneras en su hábitat natural a partir del alimento disponible en el cuerpo de agua o bien a partir de dietas balanceadas preparadas para cubrir sus requerimientos

nutricionales. En las especies confinadas como es el caso de la acuicultura intensiva, el alimento natural está restringido y por lo tanto los organismos requieren de una dieta que cubra todos sus requerimientos nutricionales.

Los requerimientos de los peces no varían entre las especies sobre todo de aquellas que tienen hábitos alimenticios similares, ya sean herbívoros, omnívoros o carnívoros, así por ejemplo los primeros requieren valores más bajos de proteína cruda (PC) (20 a 35% de proteína cruda PC), los segundos valores intermedios de 35 a 40% y los últimos hasta más de 45% de PC (Lovell, 1991).

Puesto que los peces son organismos poiquilothermos regulan la temperatura del medio con su cuerpo, de tal manera que el consumo de alimento y la tasa de crecimiento se incrementan a medida que sube la temperatura y viceversa disminuye cuando la temperatura baja (DeLong y col., 1958). Los peces son alimentados con porcentajes más altos de proteína que los organismos terrestres y esto no obedece a que los peces requieran cantidades mayores de proteínas, sino que tienen requerimientos más bajos de energía, así comparativamente las especies cultivadas como por ejemplo la tilapia requieren de 30 a 35% de PC. Los peces requieren al menos 10 aminoácidos esenciales (AAE), excepto la arginina, la cual el pez puede sintetizar y los requerimientos de aminoácidos son similares a otros organismos (NCR, 1993).

El contenido proteico de alta calidad contenido en los alimentos es un requisito indispensable para cubrir las necesidades de los organismos cultivados y para el buen funcionamiento de la industria acuícola. La calidad radica en el tipo y composición de los ingredientes que se utilicen, la formulación de las dietas y los métodos empleados para su elaboración. La formulación de las dietas será de acuerdo con el requerimiento proteico de la especie a cultivar, con la finalidad de obtener los máximos rendimientos productivos de la granja. En la elaboración de los alimentos acuícolas, las fuentes de ingredientes pueden ser incluidas en cuatro categorías bien definidas: a) fuentes de energía, b) proteína, c) vitaminas y d) aditivos no nutricionales (Campabadal y Celis, 1996).

Una de las razones que frena el desarrollo de investigaciones acerca de los requerimientos de AAE en los peces, es que se requiere realizar al menos 10 experimentos, uno para cada uno de los AAE, lo cual consume mucho tiempo. No obstante, existen ejemplos de este tipo de trabajo experimental como el de Ravi y Devaraj (1991) con la carpa Hindú (*Catla catla*). Otro aspecto que limita el interés por esta clase de estudios es la creencia de que cuando se incorpora una fuente de proteína como la harina de pescado en las dietas, la probabilidad de la deficiencia de un AAE es remota. No obstante, debido al crecimiento de la piscicultura a nivel mundial y al incremento en la demanda de la harina de

pescado y la necesidad de utilizar fuentes de proteína no convencionales, el conocimiento de la composición de los AAE para la mayoría de las especies de importancia comercial es necesario, considerando también la formulación de dietas balanceadas que reduzcan los costos de los alimentos (Ngamsnae y col., 1999).

La deficiencia de algún AAE puede propiciar enfermedades nutricionales, ya que una dieta incompleta produce una tasa de crecimiento reducido, un factor de conversión de alimento (FCA) alto y reducción en el apetito, además de problemas como cataratas, escoliosis y lordosis entre otros. Sin embargo, algunos estudios han demostrado que la deficiencia de un AAE no se manifiesta de la misma manera entre las especies (Ketola, 1982).

Los requerimientos de AAE han sido reportados en la mayoría de las especies de peces Teleósteos de importancia comercial como la trucha arco iris, el salmón, el bagre de canal y la tilapia entre otras; las investigaciones se han concentrado en la alimentación de juveniles para alcanzar una talla comercial en el menor tiempo posible y los resultados obtenidos indican que existe una similitud en los requerimientos de los 10 AAE para estas especies, para poder realizar sin problemas sus procesos metabólicos y el crecimiento.

Se han encontrado requerimientos AAE ligeramente diferentes entre las especies; así por ejemplo el salmón requiere valores más elevados de Arginina, el bagre de canal tiene bajos requerimientos de Histidina y la anguila japonesa requiere valores más elevados de Triptofano. Sin embargo, cuando los requerimientos cuantitativos son expresados como porcentaje de la proteína, entonces se observa una armonía entre los valores necesitados para obtener un crecimiento máximo en las especies examinadas (Wilson, 1989).

La fuente de obtención de energía se encuentra principalmente en los llamados macronutrientes como los lípidos y carbohidratos, los cuales están presentes en las dietas elaboradas, así como también, las proteínas que son utilizadas básicamente para el crecimiento. Otros elementos importantes son los micronutrientes como las vitaminas y minerales, éstos se utilizan para el transporte de proteínas con lo cual se garantiza el crecimiento de los organismos. Los organismos requieren utilizar moléculas del alimento como sustrato para proveerse de energía por medio del proceso de respiración y canalizarla al mantenimiento de sus funciones metabólicas y la reproducción (Jobling, 1994).

Se han realizado numerosas investigaciones sobre el aporte cuantitativo de los lípidos en la alimentación de los peces Teleósteos, buscando mejorar los rendimientos acuícolas y la conservación del medio ambiente. Las tendencias actuales en materia de la alimentación piscícola, son aumentar el contenido de lípidos en los alimentos. Así por ejemplo, en estudios hechos por Takeuchi (1970) en la trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss*, observaron que al aumentar el contenido de lípidos del 14 al 20% en la dieta se mejoraron los resultados del crecimiento y de la eficiencia alimenticia, incluso disminuyendo el contenido proteico. Actualmente, existen datos referentes al nivel óptimo de lípidos para varias especies, no obstante, estos valores pueden quedar obsoletos; ya que durante el último decenio el contenido lipídico de los alimentos para salmónidos no ha dejado de aumentar, sobrepasando hoy en día muchas ocasiones el 30% (Watanabe, 1982). Asimismo, se debe precisar que estas normas no se pueden emplear por sí solas, sino que debe considerarse igualmente la relación proteína digestible/energía digestible (PD/ED). Aunque se hayan determinado valores óptimos para los lípidos en especies como la trucha arco iris, el salmón del Atlántico, la lubina y el jurel, por señalar algunas, es prematuro generalizar estos resultados para aquellas especies donde no se han llevado a cabo experimentos y particularmente en las especies difíciles de alimentar con dietas que contengan niveles elevados de lípidos.

Los principales lugares de almacenaje de los lípidos en los peces son el hígado, el tejido perivisceral o el músculo único. En estudios hechos sobre, contenidos de lípidos se ha observado que en numerosas especies como la trucha arco iris, carpa común, bagre de canal, dorada, etc., las dietas con un fuerte contenido de lípidos sobre todo si son distribuidas ad libitum conducen a modificaciones en la composición corporal, en la materia fresca, los depósitos de lípidos crecen porcentualmente, mientras que el contenido de agua disminuye y el contenido proteico por lo general, permanece invariable (Corraze, 1994).

La primera tarea a efectuar al momento de valorar el potencial de un insumo convencional o no convencional, cuando se considera incluirlo en una dieta balanceada es medir su digestibilidad. El registro de la digestibilidad resulta difícil porque hay que separar las heces del pez del agua y evitar su contaminación con la dieta consumida y la no ingerida. Este problema ha necesitado del uso de técnicas distintas de las utilizadas para medir la digestibilidad en mamíferos y aves. Nose (1960) recogió muestras del contenido rectal por medio de presión manual suave en el abdomen de los peces. Windell et al. (1978) obtuvieron muestras de contenido rectal por succión a través del ano o mediante disección del pez. Sin embargo, la obtención de heces por cualquiera de estos métodos implica una manipulación del pez y un considerable estrés.

Smith (1971) confinó a los peces en cámaras metabólicas y recogió las heces que eran vertidas de manera natural al agua. Ogino et al. (1973) recogieron las heces pasando el agua del efluente de los estanques a través de una columna de filtración. Cho et al. (1975) usaron una columna de sedimentación para separar las heces del agua del efluente, en tanto que Choubert et al. (1979) utilizaron una pantalla rotatoria mecánica para filtrar la materia fecal. A su vez Cho et al. (1982) realizaron un análisis comparativo de los valores de los coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) conseguidos por diferentes métodos. Generalmente para este tipo de estudios se requiere de un marcador inerte que debe cumplir los siguientes requisitos: a) tener la capacidad de ser incluido en el alimento en forma homogénea y fácil de determinar en el laboratorio aún en bajas concentraciones, b) debe ser indigestible y no afectar el metabolismo del animal y c) debe ser higiénico y amigable con el ambiente. Entre los marcadores más usados en estudios de digestibilidad en peces se encuentra el óxido de cromo (Cr_2O_3) y también se ha utilizado el óxido de itrio (Y_2O_3) aunque su uso es menos masivo, ya que la metodología es menos conocida (Bórquez et al., 2002; Glencross, 2003).

Los resultados de digestibilidad son importantes para estudios de nutrición en los peces, para realizar cálculos energéticos y evaluar alimentos no-convencionales que pueden ser utilizados en la preparación de dietas balanceadas sobre todo cuando se utilizan ingredientes de origen vegetal como es el caso de la harina de soya, donde algunas veces hay que eliminar los factores antinutricionales (Burel, 2000).

Requerimientos de proteínas y lípidos

Proteínas y aminoácidos esenciales

Los nutrientes requeridos por los peces para realizar sus funciones fisiológicas como el crecimiento y la reproducción son similares a los requeridas por los organismos terrestres. Los peces necesitan consumir proteínas, minerales, vitaminas y lípidos entre otros nutrimentos; esto lo pueden hacer de dos maneras en su hábitat natural a partir del alimento disponible en el cuerpo de agua o bien a partir de dietas balanceadas preparadas para cubrir sus requerimientos nutricionales. En las especies confinadas como es el caso de la acuicultura intensiva, el alimento natural está restringido y por lo tanto los organismos requieren de una dieta que cubra todos sus requerimientos nutricionales. De hecho los requerimientos de los peces no varían entre las especies sobre todo de

aquellas que tienen hábitos alimenticios similares, ya sean herbívoros, omnívoros o carnívoros, así por ejemplo los primeros requieren valores más bajos de proteína cruda (PC) (20 a 35% de proteína cruda PC), los segundos valores intermedios de 35 a 40% y los últimos hasta más de 45% de PC (Lovell, 1991).

Puesto que los peces son organismos poiquiloterms regulan la temperatura del medio con su cuerpo, de tal manera que el consumo de alimento y la tasa de crecimiento se incrementan a medida que sube la temperatura y viceversa disminuye cuando la temperatura baja (DeLong et al., 1958). Los peces son alimentados con porcentajes más altos de proteína que los organismos terrestres y esto no obedece a que los peces requieran cantidades mayores de proteínas, sino que tienen requerimientos más bajos de energía, así comparativamente las especies cultivadas como por ejemplo la tilapia requieren de 30 a 35% de PC, mientras que en contraste los pollos de engorda requieren de 18 a 23% de PC (NCR, 1991). Los peces requieren al menos 10 aminoácidos esenciales (AAE), excepto la arginina, la cual el pez puede sintetizar y los requerimientos de aminoácidos son similares a otros organismos (NCR, 1993).

El contenido proteico de alta calidad contenido en los alimentos es un requisito indispensable para cubrir las necesidades de los organismos cultivados y para el buen funcionamiento de la industria acuícola. La calidad radica en el tipo y composición de los ingredientes que se utilicen, la formulación de las dietas y los métodos empleados para su elaboración. La formulación de las dietas será de acuerdo con el requerimiento proteico de la especie a cultivar, con la finalidad de obtener los máximos rendimientos productivos de la granja. En la elaboración de los alimentos acuícolas, las fuentes de ingredientes pueden ser incluidas en cuatro categorías bien definidas: a) fuentes de energía, b) proteína, c) vitaminas y d) aditivos no nutricionales (Campabadal y Celis, 1996).

Lípidos

La fuente de obtención de energía se encuentra principalmente en los llamados macronutrientes como los lípidos y carbohidratos, los cuales están presentes en las dietas elaboradas, así como también, las proteínas que son utilizadas básicamente para el crecimiento. Otros elementos importantes son los micronutrientes como las vitaminas y minerales, éstos se utilizan para el transporte de proteínas con lo cual se garantiza el crecimiento de los organismos. Los organismos requieren utilizar moléculas del alimento como sustrato para proveerse de energía por medio del proceso de respiración y canalizarla al mantenimiento de sus funciones metabólicas y la reproducción (Jobling, 1994). Se han realizado numerosas investigaciones sobre el aporte cuantitativo de los lípidos en la alimentación de los peces Teleósteos, buscando mejorar los rendimientos

acuícolas y la conservación del medio ambiente. Las tendencias actuales en materia de la alimentación piscícola, son aumentar el contenido de lípidos en los alimentos. Así por ejemplo, en estudios hechos en 1979 por Takeuchi y col. en la trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss*, observaron que al aumentar del contenido de lípidos del 14 al 20% en la dieta se mejoraron los resultados del crecimiento y de la eficiencia alimenticia, incluso disminuyendo el contenido proteico.

Otro estudio hecho en salmónidos, estimó que un contenido de lípidos del 15 al 20% permite reducir el contenido proteico del 48 al 35%, sin alterar los resultados del crecimiento. Se observó el mismo aumento en la eficiencia proteica, así como una mejor utilización de la energía. Este efecto benéfico de los lípidos sobre la eficiencia alimenticia se atribuye a su densidad energética (Sheridan, 1988).

Actualmente, existen datos referentes al nivel óptimo de lípidos para varias especies. No obstante, estos valores pueden quedar obsoletos; ya que durante el último decenio el contenido lipídico de los alimentos para salmónidos no ha dejado de aumentar, sobrepasando hoy en día muchas ocasiones el 30% (Watanabe, 1982). Asimismo, se debe precisar que estas normas no se pueden emplear por sí solas, sino que debe considerarse igualmente la relación proteína digestible/energía digestible (PD/ED). Aunque se hayan determinado valores óptimos para los lípidos en especies como la trucha arco iris, el salmón del Atlántico, la lubina y el jurel, por señalar algunas, es prematuro generalizar estos resultados para aquellas especies donde no se han llevado a cabo experimentos y particularmente en las especies difíciles de alimentar con dietas que contengan niveles elevados de lípidos.

Los principales lugares de almacenaje de los lípidos en los peces son el hígado, el tejido perivisceral o el músculo único. En estudios hechos sobre contenidos de lípidos se ha observado que en numerosas especies como la trucha arco iris, carpa común, bagre de canal, dorada, etc., las dietas con un fuerte contenido de lípidos sobre todo si son distribuidas ad libitum conducen a modificaciones en la composición corporal, en la materia fresca, los depósitos de lípidos crecen porcentualmente, mientras que el contenido de agua disminuye y el contenido proteico por lo general, permanece invariable (Corraze, 1994).

Smith (1971), confinó a los peces en cámaras metabólicas y recogió las heces que eran vertidas de manera natural al agua. Ogino y col. (1973), recogieron las heces pasando el agua del efluente de los estanques a través de una columna de filtración. Cho y col. (1975), usaron una columna de sedimentación para separar las heces del agua del efluente, en tanto que Choubert y col. (1979) utilizaron una

pantalla rotatoria mecánica para filtrar la materia fecal. A su vez Cho y col. (1982) realizaron un análisis comparativo de los valores de los coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) conseguidos por diferentes métodos.

Generalmente para este tipo de estudios se requiere de un marcador inerte que debe cumplir los siguientes requisitos: a) tener la capacidad de ser incluido en el alimento en forma homogénea y fácil de determinar en el laboratorio aún en bajas concentraciones, b) debe ser indigestible y no afectar el metabolismo del animal y c) debe ser higiénico y amigable con el ambiente.

Entre los marcadores más usado en estudios de digestibilidad en peces se encuentra el óxido de cromo (Cr_2O_3) y también se ha utilizado el óxido de itrio (Y_2O_3) aunque su uso es menos masivo, ya que la metodología es menos conocida (Bórquez y col., 2002; Glencross, 2003).

Los resultados de digestibilidad son importantes para estudios de nutrición en los peces, para realizar cálculos energéticos y evaluar alimentos no-convencionales que pueden ser utilizados en la preparación de dietas balanceadas sobre todo cuando se utilizan ingredientes de origen vegetal como es el caso de la harina de soya, donde algunas veces hay que eliminar los factores antinutricionales (Burel, 2000).

Justificación

En México existe escasa información sobre los requerimientos individuales de alimentación y nutrición de diversas especies nativas. Por lo tanto, considerando la importancia relevante que tienen las proteínas y los lípidos en las dietas balanceadas de los peces surge el interrogante de ¿Cuáles son los requerimientos de proteína y lípidos de las crías de *Goodea atripinnis* cultivadas en condiciones controladas en un sistema cerrado de recirculación?

Uno de los principales condicionantes para que se desarrolle el cultivo controlado de cualquier especie, es la nutrición y la alimentación, ya que está directamente relacionada con el desarrollo del organismo en todas las etapas de su historia de vida. Una dieta balanceada que cubra las necesidades particulares de cada especie, permite que se desarrolle en un menor tiempo y de una mejor manera, disminuyendo considerablemente los costos de producción.

En México la falta de investigación básica y aplicada sobre los recursos acuáticos nativos y endémicos favoreció la introducción de especies exóticas y la adopción de su tecnología de cultivo. En consecuencia la competencia ecológica, la

introducción de parásitos, ha generado riesgos tanto ecológicos como económicos que afectaron una acuicultura sustentable y responsable.

En la actualidad se realizan diversas investigaciones sobre diversas especies nativas que representan un potencial para el cultivo. Estos estudios incluyen la generación de información básica de cada especie sobre aspectos ecológicos, fisiológicos, biología reproductiva y alimentaria, resistencia a las enfermedades y su demanda en el mercado.

Debido a lo anterior es de suma importancia el estudio de especies nativas que tengan un potencial para su cultivo, una de las especies que representa un interés en su cultivo para fines de repoblación así como en la pesquería comercial es la especie *Algansea lacustris* la cual es una carpa mexicana de amplia aceptación dentro de las comunidades, sin embargo, existe poca información sobre su biología.

Hipótesis

La dieta suministrada a la especie con 45% de proteína y 15% de lípidos, permitirá cubrir los requerimientos nutricionales necesarios para el crecimiento y reproducción adecuados de la especie *Goodea*.

Objetivo general

Determinar los niveles óptimos de proteína y lípidos para el crecimiento de *Goodea atripinnis* en un sistema de recirculación cerrado.

Objetivos particulares

- Determinar el nivel óptimo de proteína de *Goodea atripinnis* en la fase de crecimiento utilizando 5 niveles de proteína 25%, 35%, 45%, 55% y alimento comercial.
- Determinar el nivel óptimo de lípidos de *Goodea atripinnis* en la fase de crecimiento utilizando 5 niveles de grasa 10%, 15%, 25%, 35% y alimento comercial.
- Estimar el contenido de nutrientes que promueva el mayor crecimiento de *Goodea atripinnis*.
- Evaluar los bioindicadores de desempeño de crecimiento y eficiencia alimentaria en crías de *Goodea atripinnis*.

Materiales y métodos

Se realizará la colecta de los organismos en Arroyo Agua Zarca-Río San Pedro, Potrero de los López.

Posteriormente de la captura se realizará la adaptación de los organismos (cuarentena), para su adaptación y eliminación de parásitos.

Una vez adaptados los organismos y libres de parásitos se realiza la identificación taxonómica de los organismos por especie, posteriormente se separan los organismos por sexos y se colocan en acuarios para su reproducción.

Se realiza la inducción a la reproducción de los organismos (fotoperíodo y temperatura) con el objetivo de obtener la F1.

Una vez obtenida la F1, se realiza el conteo de las crías para iniciar el primer bioensayo en el sistema de recirculación.

El primer experimento consiste en determinar el nivel óptimo de proteína de *Goodea atripinnis* mediante cuatro distintas cantidades: 25%, 35%, 45%, 55% y control, cada tratamiento con tres repeticiones. Se emplearán 15 acuarios. (4 meses).

El segundo experimento tiene como objetivo determinar el nivel óptimo de lípidos de *Goodea atripinnis* mediante cuatro distintas cantidades: 10%, 15%, 25%, 35% y control, cada tratamiento con tres repeticiones. Se emplearán 15 acuarios. (4 meses).

El tercer experimento tiene como objetivo determinar la dieta óptima de *Goodea atripinnis* en base a lo obtenido con los niveles óptimos de proteínas y lípidos.

Posteriormente se evaluarán los bioindicadores de desempeño de crecimiento y eficiencia alimentaria en crías de *Goodea atripinnis* con distintas concentraciones de proteínas y lípidos, así como los contenidos de aminoácidos y ácidos grasos.

Se evaluará la calidad del agua del sistema cerrado de recirculación durante todas las fases experimentales para mantener una buena calidad de agua del sistema.

Formulación de las dietas

Con la ayuda de un programa creado en una a hoja de cálculo Excel, se elaborarán las dietas experimentales con la siguiente proporción de proteína: 25%,

35%, 45%, 55%. Las harinas de trigo y de pescado serán las principales fuentes de proteína. Los ingredientes secos serán mezclados de manera manual, de menor a mayor porcentaje del nivel requerido en las dietas, en una mezcladora casera. Con el objetivo de lograr una mejor homogeneización de los ingredientes se colocarán los ingredientes secos y por último se agregarán los aceites.

Una vez obtenida la mezcla, se adicionará agua con almidón previamente gelatinizado. Para formar los piensos, la pasta obtenida se pasará varias veces en un molino para carnes. Los piensos obtenidos se secarán en una estufa a 50 °C por 24 horas; posteriormente se almacenarán en bolsas de plástico etiquetadas para finalmente refrigerarse a 4°C. Cada semana se extraerá el porcentaje de alimento requerido para proporcionar a los crías.

Análisis químicos proximales (AQP)

De cada dieta se tomará una muestra de 30 g para realizar los análisis químico proximales (AQP) y se calculará la energía bruta y la energía digerible. La energía bruta se estimará usando los siguientes coeficientes: 23.6 kJ g⁻¹ para la proteína cruda; 39.5 kJ g⁻¹ para fibra cruda y 17.2 kJ g⁻¹ para carbohidratos (NRC, 1991).

El contenido de la energía digerible en las dietas experimentales será calculado usando los coeficientes de digestibilidad 20.9, 35.1 y 11.0 para proteína cruda, lípidos y carbohidratos respectivamente (Hillestad y col., 1999). También, se calculará la relación proteína/energía bruta y la relación proteína cruda digerible/energía digerible de acuerdo con Lupatsch y col., (2001 y 2002), Skalli y col. (2004) y Portz y col (2008).

Materia seca

Se utilizará 2 g de las dietas experimentales, que serán colocados en charolas de aluminio en una estufa a una temperatura de 105°C. Dos horas antes de iniciar la determinación se sacarán las cápsulas de la estufa y se colocarán en el secador, dejando entre abierta la tapa 15 min; transcurrido este tiempo se cerrará la tapa y se dejará cinco minutos antes de pesar. Se pesará la charola y los dos gramos de la muestra seca, se colocará en la estufa a secar toda la noche a una temperatura de 95 a 100°C; transcurrido este tiempo las cápsulas se colocarán en un desecador para mantenerlo a peso constante, posteriormente se pesará y con los datos obtenidos se calculará el porciento de materia seca con la siguiente fórmula:

$$\%M.S. = \left[\frac{P_{cms} - P_{cc}}{P_{mi}} \right] (100)$$

Donde: M.S. = materia seca, Pcms = peso de la cápsula con muestra seca, Pcc = peso de la cápsula constante y Pmi = peso de la muestra inicial

Proteínas

Para la determinación de proteína cruda (PC), se pesará un gramo de cada muestra y se colocará dentro de los tubos digestores con todo y el papel en el que se pesará. Se agregarán 4 g de mezcla reactiva de selenio, luego se agregarán 20 mL de ácido sulfúrico concentrado (H₂SO₄). Una vez preparada la muestra, se introducen los tubos en las rejillas del digestor, se colocará el tubo extractor en la boquilla de los tubos digestores y se conectará el extractor al purificador de gases. Una vez listo se comenzará con la digestión, primero con una temperatura media para el calentamiento y después se aumentará la temperatura para iniciar la digestión. Una vez terminada la digestión en aproximadamente 45 min las muestras cambiarán de color a un verde claro, y se procederá a analizar las muestras en el determinador de proteína Buchi.

Grasa cruda ó extracto Etéreo

Para la determinación de extracto etéreo (EE), se prepararán los vasos a peso constante por duplicado y se pesarán aproximadamente 2 g de muestra en un papel por duplicado y se colocarán dentro del dedal de celulosa. Se taparán con algodón y se colocarán el anillo para después trasportarlos al extractor de grasa. A cada vaso se le agregarán aproximadamente 60 mL de éter de petróleo; se programa el extractor de grasa (modelo VELP scientific) y se procederá a la extracción. Una vez terminada la extracción, los vasos serán llevados a la estufa a una temperatura de 100 °C, para después dejarlos secar y colocarlos en un desecador para obtener un peso constante, una vez en peso constante los vasos serán pesados. Los dedales serán llevados a la campana por 10 a 15 minutos y posteriormente se colocarán en la estufa por 25 min para secarlos y guardarlos ya que sirven para la determinación de fibra cruda.

Fibra cruda

La determinación de fibra cruda se hará por medio de una digestión ácida y alcalina usando el método de filtrado. Primero, se pesarán las muestras desengrasadas, las muestras se colocan en vasos de Berzelius de 600 mL, marcados previamente.

Para la digestión ácida, se agregarán 200 mL de solución de ácido sulfúrico (H₂SO₄) 0.26 N precalentado 15 min en cada vaso; se colocará el vaso Berzelius en el digestor y se esperará a que el contenido del vaso entre en ebullición y a partir de ese momento se cuentan 30 min.

Se filtra el contenido de los vasos con la ayuda de una tela de filtro sobre el embudo Buchner de porcelana, adaptado a un matraz de filtración conectado a una bomba de vacío: Los vasos serán lavados con 200 mL de agua destilada precalentada procurando no dejar residuos. Con la ayuda de una espátula se raspa la tela intentando retirar la mayor cantidad de muestra, la cual se coloca nuevamente en un vaso para la digestión alcalina.

Para la digestión alcalina se agregan 200 ml precalentados de la solución de hidróxido de sodio (NaOH) 0.32 N, se deja a 30 min en ebullición. Transcurridos los 30 min se vuelve a filtrar; las muestras se lavan con una porción precalentada de 25 ml de H₂SO₄, tres porciones de 50 ml de agua destilada caliente y una porción de 25 ml de alcohol etílico.

Los residuos de las muestras se secarán en la estufa toda la noche a una temperatura de 50 °C. Al día siguiente con la espátula se rasparon los filtros que contenían las muestras tratando de recuperar la mayor cantidad posible.

Los residuos de las muestras se colocan en crisoles que deben estar a peso constante. Los crisoles con el residuo se colocan en la estufa por una hora a una temperatura de 100°C. Los crisoles se sacan y se ponen en un desecador para alcanzar el peso constante y posteriormente se pesan. Estos crisoles con las muestras secas se mantienen en la mufla a 550°C por 30 min, una vez fríos los crisoles se ponen en el desecador para alcanzar el peso constante y una vez así se pesan. El porcentaje de fibra cruda, se obtiene por medio de la siguiente formula:

$$\%F.C. = \left[\frac{P_{ics} - P_{fcc}}{P_{mi}} \right] (100)$$

Donde: P_{ics} = Peso inicial del crisol con muestra seca, P_{fcc} = Peso final del crisol con la muestra calcinada y P_{mi} = Peso muestra inicial

Cenizas

Los crisoles se colocan en la estufa a una temperatura de 105°C durante 1 hora. Se pesan aproximadamente 2 g de muestra seca en los crisoles de porcelana y se calcina durante 3 horas en una mufla precalentada a 550°C; al término de este tiempo se espera a que la temperatura de la mufla baje para posteriormente sacar los crisoles de porcelana con las pinzas; se enfrían los crisoles en el desecador y se pesan rápidamente. El porcentaje de cenizas se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$\%Cenizas = \left[\frac{P_{cmc} - P_{cpc}}{P_{mi}} \right] (100)$$

Donde: P_{cmc} = peso del crisol con la muestra calculada, P_{cpc} = peso del crisol a peso constante y P_{mi} = peso muestra inicial.

Digestibilidad con óxido de cromo

La cuantificación se realiza siguiendo el método descrito por Furukawa y Tsukahara (1966) y de Silva y Anderson (1995), que consiste en pesar 50 mg de muestra y colocar en un matraz Kjeldahl, añadir 8 ml de ácido nítrico concentrado y digerir durante aproximadamente 40 minutos, hasta la desaparición completa de los vapores ocreos. Al terminar la disolución se torna verde, ligeramente clara.

$$\%Oxido\ de\ cromo = \left[4 \times ((Absorbancia - 0.0032) \div 0.2089) \right]$$

Posteriormente, a la disolución fría se le agregan 5 ml de ácido perclórico y se continúa con la digestión hasta que la disolución pasa de verde claro a amarillo limón. Al enfriarse, la disolución cambia a un color salmón y se pasa a un matraz aforado de 25 ml. Por último se procede a registrar la absorbancia a 350 nm y se calcula mediante la fórmula siguiente:

La digestibilidad aparente de la materia orgánica (DAMO), se calcula de la manera siguiente:

$$DAMO = \left(100 - (\% \text{ de } o.c. \text{ en el alimento} \div \% \text{ de } o.c. \text{ en las heces}) \right)$$

Análisis de aminoácidos

El análisis de aminoácidos será realizado mediante la técnica propuesta por Vázquez-Ortíz y col. (1955). Para la preparación de la muestra derivatizadora se diluye una muestra del extracto de TCA (Ácido tricloroacético) en 5 ml de buffer de citrato de sodio con un pH de 2.2, se filtra y diluye con ácido alfa-aminobutírico (2.5 μ M/mL) en un estándar interno (IS) de la siguiente forma (100 μ L de extracto de TCA + 40 μ L IS/1 mL). Antes de cargar la inyección, se prepara una pequeña muestra en un tubo compuesta por 0.5 mL de solución OPA (orto-paraldeído) y 0.5 mL de la muestra ó la solución de aminoácidos estándar (IS), antes de inyectar se deja pasar dos minutos.

Se combinan volúmenes iguales de la muestra del extracto de TCA, buffer de burato con 0.4M y la solución NBD (2 mg/mL en metanol), esta mezcla se calienta por 5 min a 60°C en un recipiente cerrado con tapa atornillada. La reacción es detenida enfriando la mezcla a 0°C, posterior a esto se inyectaron 10 μ L a la columna, la cuantificación se llevó a cabo con un estándar extremo.

Los instrumentos utilizados son en un equipo Varian modelo 5000 controlado por un microprocesador de cromatografía de líquidos acoplado a un detector de fluorescencia equipado con una lampara de deuterio, el detector será conectado a un sistema de colección de datos modelo Vista 401. Los derivados OPA y NBD son detectados con un monocromador con un corte de filtro de 330 nm y 418 nm, la sensibilidad fue de 1 μ L, la muestra es introducida a una valvula Rheodyne modelo 7120.

La separación de los aminoácidos esenciales se llevan a cabo en una columna de diámetro esférico Microsorb HPLC de 10 cm x 4.6 mm I.D. empacada con 3 μ m de partículas de C-18 octadecil dimetilsilano, conectada a una columna de 3 cm x 4.6 mm I.D. empacado con el mismo material.

Una columna de Lichrosorb RP-C18, 5 μ m (30 cm x 4.6 mm I.D.) es usada para la determinación y separación de los aminoácidos no esenciales.

Análisis de ácidos grasos

La extracción de los lípidos contenidos en el alimento se realizará en frío de acuerdo a la metodología propuesta por Folch y col. (1957). Para este propósito se utiliza 1.0 g de alimento molido el cual es posteriormente sometido a lavados con 10 ml de metanol y 20 ml de cloroformo.

Posteriormente, la muestra se filtra y se lava con una mezcla de cloroformometanol. En ambos lavados la muestra es mezclada empleando un homogenizador marca Ultraturrax IKA (1100 rpm). Posteriormente, se adiciona cloruro de potasio al 0.88 % y se realiza un tercer lavado con una mezcla de agua-metanol (1:1). Posteriormente se utiliza nitrógeno comprimido para evaporar el cloroformo de la muestra y obtener así los lípidos.

Después de la extracción, la fase lipídica se esterifica con trifloruro de boro, los esteres de metilo para la determinación del contenido de Ácidos Grasos Totales (AGT) y el perfil de composición de los ácidos grasos, se preparan de acuerdo al método oficial del AOAC 969.33 (2005).

Para la detección de los AG se utiliza el equipo Hewlett Packard Serie 6890 equipado con un detector de flama ionizante (FID) y automuestreador 6890 con capacidad para 100 viales. La columna empleada es capilar de sílica DB -23 de 30 metros de longitud por 0.25 mm de diámetro interno. Se utiliza gas helio UAP (Ultra Alta Pureza) como acarreador.

Indicadores de desempeño del crecimiento y eficiencia nutricional

Para evaluar el efecto de las dietas experimentales en las crías de, se determinarán los siguientes indicadores de desempeño y de eficiencia alimenticia: peso total inicial (PTi), peso total final (PTf), ganancia de peso total (GPT %), ganancia de PT (g), tasa específica de crecimiento (TEC), consumo de alimento (CA), factor de conversión de alimento (FCA), eficiencia alimenticia (EA), consumo diario de energía (CDE, Kjg-1), consumo diario de alimento (CDA), consumo diario de proteína (CDP), tasa de eficiencia proteica (TEP), factor de condición (FC), y sobrevivencia (S). Estos indicadores fueron propuestos por Utne (1969), New (1987), Harper (1988), Hopkins (1992) y Ergün y col. (2010).

Colecta del alimento remanente

La colecta del alimento remanente se llevará a cabo diariamente. Antes de proporcionarles el alimento, se retirará el alimento sobrante con una manguera (sifón), al final de la misma se colocó una malla previamente pesada, se etiquetará y se colocará en una mufla a 60°C, hasta que secase completamente, para posteriormente volverlo a pesar.

Análisis estadísticos

Los datos obtenidos serán capturados en una bitácora y posteriormente capturados en una hoja de cálculo Excel (Microsoft Office, 2007). Las gráficas de crecimiento de peso total (PT) y longitud total (LT) contra el tiempo de cultivo serán elaboradas con el mismo programa. Los análisis estadísticos se realizarán de acuerdo con Montgomery (1984). Los datos se analizan para conocer la homocedasticidad de las varianzas de acuerdo con la prueba estadística de Levene. Cuando no se cubren los supuestos del ANDEVA paramétrico, se aplica la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, que compara k poblaciones, es equivalente a un ANDEVA de una vía en la estadística paramétrica, considera el diseño de bloques aleatorios y no requiere el supuesto de normalidad ni de homogeneidad de la varianza. Estas pruebas estadísticas se aplicarán para separar los valores de las medias que presenten diferencias significativas tanto en las variables de respuesta del crecimiento PT (g) y LT (cm), como en los contrastes de los indicadores de desempeño del crecimiento y eficiencia alimenticia. Un valor de significancia de 0.05 fue utilizado como referencia. Para el caso de la sobrevivencia se utiliza la transformación arcoseno antes del análisis (Sokal y Rohlf, 2000). Para determinar si existen diferencias significativas en los valores de la digestibilidad aparente de la materia orgánica (DAMO) se aplica un ANDEVA de una vía. Para los análisis estadísticos se utiliza el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for Social Science) versión 17.

Bibliografía

AOAC, 1990. Official Methods of Analytical (15th Ed.) Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC. pp.1298.

Alvarez V. J. 1950. Claves para la determinación de especies en peces de las aguas continentales mexicanas. Dirección General de Pesca. Secretaría de Marina. México, D.F.

Alvarez V. J. 1970. Peces mexicanos (claves). Secretaría de Industria y Comercio. Instituto Nacional. Investigaciones Biológico Pesqueras, Dirección General de Pesca e Industrias Conexas. Comisión Nacional Consultiva de Pesca. México. Serie Investigación Pesquera 1: 415-515.

Barbour D.C. y Miller R. R. 1978. A revision of the Mexican Cyprinid fish genus *Algansea* Miscellaneous. Publications of the Museum of Zoology University Michigan. 155, 1-72.

Bórquez, A., Valdevenito, I., Dantagnan, H.P. y Bariles, J. 2002. Rendimientos productivos de dietas extruídas y peletizadas en cultivo intensivo de trucha Arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*). Revista de Investigación y Ciencias Tecnológicas 4: 50-55.

Burel, C., Boujard, T., Tulli, F., and Kaushik, J.S. 2000. Digestibility of extruded lupin, and rapeseed meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and turbot (*Psetta maxima*). Aquaculture 188 (3-4): 285-298.

Campabadal, C. y Celis, A. 1996. Factores que afectan a la calidad de los alimentos acuícolas. In: Avances en nutrición Acuícola III. Memorias del III Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 3 al 6 de Septiembre de 1996. Cancún. Quintana Roo, México.

Chacón T.A., Rosas-Monge C. y Ríos F.L.L. 1996. Aspectos reproductivos de la acúmara *Algansea lacustris* Steindachner 1895: Pisces Cyprinidae. Del Lago de Pátzcuaro. Michoacán. Zoología Informa. 34: 27.47.

Cho, C.Y., Bayley, H.S., and Slinger, S.J. 1975. An automated fish respirometer nutrition studies. Proc. 28th Ann. Meeting of Can Conf. for Fish. Res. Vancouver, B.C.

Cho, C.Y., Slinger, S.J., and Bayley, H.S. 1982. Bionergetics of salmonid fishes: Energy intake, expenditure and productivity. *Comp. Biochem. Physiol* (73) B: 25-41.

Choubert, G.Jr., de la Noüe, J. and Luquet, P. 1979. Continuous quantitative automatic collector for fish feces. *Prog. Fish-Cult.* (41): 64-67.

Cuzon, G., Guillaume, J. and Cahu, C. 1994. Review. Composition, preparation and utilization of feeds for crustacean. *Aquaculture* (124): 253-267.

De Buen F. 1941. El Lago de Pátzcuaro. Recientes estudios limnológicos: revista Geográfica Instituto Panamericano Geografía Historia. 1 (1) : 20-44.

De Long, D.C., Halver, J.C. and Mertz, E.T. 1958. Nutrition of salmonid fishes. VI. Protein requirements of chinook salmon at two water temperatures *J. Nutr.* (65): 589-599.

FAO (2010). FAO Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Service. Capture production 1950-2008. FISHSTAT Plus - Universal software for fishery statistical time series. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Glencross, B., Curnow, J., Hawkins, G., Kissil, W.M., and Peterson, D. 2003. Evaluation of the feed value transgenic strain of the narrow leaf lupin (*Lupinus angustifolius*) in the diet of the marine fish, *Pagrus pagrus*. *Aquacult. Nutr.* 9: 1-10.

Jobling, M. 1994. Fish Bioenergetics. The Norwegian Collage of Fishery Science University of Tromso, Norway. Eds. Chapman & Hall, 309 p.

Keulen, J.V. and Young, B.A. 1977. Evaluation of Acid-Insoluble Ash as a Natural Marker in Ruminant Digestibility Studies. *J. Anim Sci.* 44:282-287

Ketola, H.G. 1982. Amino acid nutrition of fishes: Requirements and supplementation of diets. *Comp. Biochem. Physiol.* 73 B(1): 1-17.

Kiron, V., 2012. Fish immune system and its nutritional modulation for preventive health care. *Animal Feed Science and Technology* 173, 111–133.

Lamothe, A. R. (1982. Manual de técnicas para preparar y estudiar los parásitos de animales silvestres. AGT. Editores. México D. F. pp. 18-27.

López F.J. 1993. Caracterización cariológica de la acúmara (*Algansea lacustris* Steindachner 1895: Pisces Cyprinidae. Del Lago de Pátzcuaro. Michoacán. Tesis de Licenciatura en biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo 56 p.

Lovell T. R. 1991. Nutrition of Aquaculture species. *J. Anim. Sci.* 69: 4193-4200.

Mendoza, R., Montemayor, J., Verde, J., y Aguilera, C. 1996 Quimioatracción en crustáceos: papel de moléculas homologas. *Avances en nutrición Acuícola III. Memorias del III Simposium Internacional de Nutrición Acuícola.* 3 al 6 de Septiembre de 1996. Cancún. Quintana Roo, México.

Ngamsnae, P., De Silva, S.S. and Gunasekera, M.R. 1999. Arginine and phenylalanine requirement of juvenile silver perch *Bidyanus bidyanus* and validation of the use of body amino acid composition for estimating individual amino acid requirements. *Aquacult. Nutr.* 5: 173-180.

Nose, T. 1960. On the digestion of food protein by gold fish (*Carassius auratus* L.) and rainbow trout (*Salmo irideus* G.) *Bull. Freshwater Fish. Res. Lab.* (10):23- 28.

Nutritional Research Council (NRC), 1993. Nutrient requirements of fish. National Academy of Press, Washington, D.C.

Ogino, C., Kakino, J., and Chen, M.S. 1973. Determination of metabolic fecal nitrogen and endogenous nitrogen excretion of carp. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* (39): 519-523.

Oliva-Teles, 2012 Oliva-Teles, A., 2012. Nutrition and health of aquaculture fish. *Journal of Fish Diseases* 35, 83-108.

Ravi, J., and Devaraj, K.V. 1991. Quantitative essential amino acid requirement for growth of catla, *Catla catla* (Hamilton). *Aquaculture*, 96: 281-291.

Rodríguez-Serna, M. y Carmona, O.C 2002. Balance energético de *Acocil Cambarellus montezumae* (Saussure) (Crustacea: Astacidae. Cambaridae) perdida de energía en la tasa metabólica., I Congreso Americano Virtual de Acuicultura (CIVA), pp. 932-938.

Rosas M. M. 1976. Datos biológicos de la ictiofauna del Lago de Pátzcuaro, con especial énfasis en la alimentación de sus especies: En *Memorias del Simposio sobre pesquerías de aguas continentales de México*. Sria. Industria. Comer. Inst. Nal. Pesca. México 299-366 pp.

Rosas, V.C. 1996. Bioenergética de camarones pendidos: Una forma de comprender los mecanismos fisiológicos involucrados en la nutrición. In: *Avances en nutrición Acuícola III. Memorias del III Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. 3 al 6 de Septiembre de 1996. Cancún. Quintana Roo, México.

Sheridan M.A. 1988. Lipid dynamics in fish: aspects of absorption, transportation, deposition and mobilization. *Comp. Biochem. Physiol.* 9013: 679-690.

Smith, R.R. 1971. A method for measuring digestibility and metabolizable energy of feeds. *Prog. Fish-Cult.* (33): 132-134.

Solorzano P.A. 1955. La pesca en el Lago de Pátzcuaro, Mich. Y su importancia económica regional. Sria. Marina, Dir. Gral. Pesca., México. 58 p.

Steel G.D.R., Torrie J.H., Dickey D.A., 1997. Principles and procedures of statistics. A biometrical approach. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc. p. 637.

Takeuchi y col Takeuchi, T., Watanabe, T., and Ogino, C. 1979. Digestibility of hydrogenated fish oil in carp and rainbow trout, Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish, (45): 1521-1525.

Van Soest P.J., Robertson J.B., Lewis B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J Dairy Sci. 74:3583-3597.

Watanabe T. 1982. Lipid nutrition in Fish. Comp. Biochem. Physiol., 73B: 3-15. (Corraze, 1994).

Wilson, R.P. 1989. Amino Acids and Proteins. In: Fish nutrition (ed. By J.E. Halver), Academic Press. New York, pp. 111-151.

Windell, J.T., Foltz, J.W., and Sarokon, J.A. 1978. Methods of fecal collection and nutrient leaching in digest

ibility studies. Prog. Fish-Cult. (40): 51-55.

.4% VITAMINASC