



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

2
2y.

CAMPUS IZTACALA

**EVALUACION DE TRES DIETAS BALANCEADAS
COMERCIALES EN EL DESARROLLO DE JUVENILES
DE PEZ ANGEL *Pterophyllum scalare* (Heckel, 1840),
EN CONDICIONES DE LABORATORIO.**

T E S I S

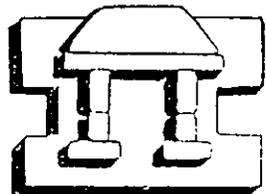
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A :

ROMULO JAVIER AMADOR LOPEZ

DIRECTOR: BIOL. MARIO ALFREDO FERNANDEZ ARAIZA



IZTACALA

TLALNEPANTLA, ESTADO DE MEXICO,

1998

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

268065



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 acuario no es solo un elemento
ornamental, sino sobre todo una
fuente inagotable de observaciones
acerca de la vida y del comportamiento
de los seres vivos que alberga.*

Bianchini

A mis padres, Ranulfo Amador Zamudio y Yolanda López de Amador, porque con su amor, paciencia y cuidados siempre me han apoyado incondicionalmente aun en los momentos más difíciles, formando en mí un sentimiento de sensibilidad, respeto, afecto y dedicación constituyendo la razón por la cual seguir siempre adelante.

A mis hermanas Santa, Lorena y Yolanda, porque vean realizados sus sueños y metas como ahora veo realizado este.

A la memoria de Ignacia Zamudio Barajas, mi abuela y Manuel Felino Zamudio, mi tío, de quienes recuerdo siempre me brindaron amor, atención y me apoyaron en todo lo que necesite.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a las siguientes personas:

Al Biól. Mario Alfredo Fernández Araiza por su amistad, paciencia, apoyo incondicional, sus valiosos consejos, darme la oportunidad de formar parte de su equipo de trabajo y por la dirección del presente trabajo de tesis.

Al Biól. José Luis Zamudio Alonso por su invaluable amistad, apoyo en todo momento y por inculcarme el interés por el estudio de los peces de ornato.

Al Fís. Raúl Gallardo Villegas, Biól. Alba Márquez Espinosa, Dra. Norma A. Navarrete Salgado y Biól. Lucía Pavón Meza por sus comentarios y sugerencias que enriquecieron el presente trabajo.

A la Biól. Teresa Ramírez Pérez, una gran amiga quien me ofreció desinteresadamente su amistad y ayuda en el desarrollo del presente trabajo.

A mis amigos Biól. Luis Hector Hernández Hernández, Biól. Gerardo García Gómez y Biól. Martha Peguero Icaza por compartir gran parte de la carrera, compañía y apoyo incondicional.

A todos y cada uno de ellos, GRACIAS.

ÍNDICE

<i>RESUMEN</i>	1
<i>INTRODUCCIÓN</i>	2
<i>ANTECEDENTES</i>	7
<i>OBJETIVOS</i>	11
<i>MATERIAL Y MÉTODOS</i>	12
<i>RESULTADOS</i>	18
<i>DISCUSIÓN</i>	27
<i>CONCLUSIONES</i>	32
<i>LITERATURA CITADA</i>	33
<i>APÉNDICE</i>	39

RESUMEN

El uso de alimentos en acuicultura en cuya formulación se contemplen los requerimientos nutricionales de la especie y el empleo de una técnica adecuada con la finalidad de lograr que los organismos se desarrollen en el menor tiempo posible y los costos sean congruentes con la utilidad del producto, deben considerarse estratégicos para lograr una amplia rentabilidad de cualquier proyecto acuícola. Por lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la efectividad de tres alimentos comerciales en el desarrollo de juveniles de *Pterophyllum scalare* con base en la tasa de ingestión, producción de heces, consumo de oxígeno, excreción nitrogenada, campo de crecimiento y tasa de crecimiento; para lo que se utilizaron 135 juveniles de pez ángel con un peso promedio inicial de 0.56 g. los que se distribuyeron en nueve peceras de 40 lts. c/u, a 26 °C, con una densidad de 15 org./pecera. Las dietas se probaron por triplicado administrándose diariamente en razón del 10% de biomasa en un periodo de 90 días. Las tres dietas fueron bien aceptadas por los peces presentando una mayor tasa de ingestión las dietas A (tetra bits) y B (trucha iniciador) con respecto a C (trucha finalizador). El incremento en el consumo de oxígeno como efecto de las dietas en el metabolismo respiratorio (Acción Dinámica Específica) fue de 0.1369, 0.1365 y 0.1157 cal/día/gPs. para las dietas A, B y C respectivamente. La excreción nitrogenada fue mayor para la dieta B en relación a A y C. La tasa de crecimiento fue mayor para la dieta A seguida por la dieta B y C respectivamente. El análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre los tres tratamientos; por lo que es factible la utilización de las dietas B y C en la alimentación de juveniles de pez ángel con la ventaja de ser estas más baratas que la dieta A.

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente la acuicultura ha concentrado sus esfuerzos en la obtención de proteína a bajo costo para consumo humano, por lo que durante las últimas décadas ha surgido el interés por tecnificarla y convertirla en una biotecnología paralela a la agricultura y la zootecnia (Aguilera y Noriega, 1986); sin embargo, una de las ramas que recientemente ha tenido un desarrollo espectacular es el cultivo comercial y experimental de peces ornamentales, generándose una importante industria cada vez más popular en todo el mundo, siendo esta una posibilidad para la aplicación de mejoras, científicas, tecnológicas y administrativas, así como de inversión de capital que contribuye al desarrollo de este tipo de actividad en el país.

Actualmente, la demanda comercial de peces tropicales de ornato en nuestro país y en el mundo, ha alcanzado niveles sorprendentes, estimándose que tan solo en los Estados Unidos se manejan de 250 a 700 millones de dólares y hasta 4 billones en el mundo al año, lo que representa aproximadamente la comercialización de dos mil millones de peces (Hunnam *et al.*, 1982).

Internacionalmente, existen importantes agrupaciones y criaderos de peces ornamentales que se encargan de la producción, transporte, venta y distribución en los principales mercados nacionales e internacionales para satisfacer la creciente demanda (Aguilar, 1993).

Particularmente en países como Singapur, Alemania y Estados Unidos se ha impulsado el desarrollo de líneas de investigación dedicadas al estudio de peces ornamentales, especialmente de algunos cíclidos, destacando la especie *Pterophyllum scalare* o pez ángel, ya que la demanda y el precio que alcanzan así como los rendimientos obtenidos hacen que esta especie sea más rentable en cultivo en comparación con el de otras especies de uso ornamental (Axelrod, 1970; Axelrod *et al.*, 1987).

Sin embargo, al igual que en la mayoría de los cultivos acuícolas semiintensivos e intensivos, el mayor porcentaje dentro de los costos de producción de las granjas de peces de ornato es el correspondiente a la alimentación y uso de alimentos para los organismos en cantidad y calidad adecuada que puede comprender el 50% o más del total de los costos. Desafortunadamente, la nutrición de peces ornamentales es una de las áreas menos exploradas por la investigación y en muchos de los casos, los alimentos actuales no cumplen con las demandas nutricionales de las especies cultivadas, o tienen precios muy elevados (Butcher, 1992; Pannevis, 1993). Este hecho indica que el insumo básico de alimento debe considerarse estratégico para lograr una amplia rentabilidad de cualquier proyecto acuícola (Vergara y de la Garza, 1988).

I. Aspectos de energía

El nivel de alimentación más eficiente solo se logra cuando se dispone del suministro correcto de energía y los nutrientes esenciales en las proporciones requeridas por el pez para su mantenimiento y crecimiento, es decir; cualquier desviación respecto de esta composición "ideal" modificará a su vez el requerimiento nutricional cuantitativo. Por esta razón es importante tomar en cuenta la composición del alimento realmente consumido sobre los requerimientos cuantitativos del pez (Hepher, 1988).

Cuando la energía del alimento se transforma en energía neta disponible para el metabolismo y el crecimiento, se pierde inevitablemente una parte considerable, la que debe ser minimizada. Esto es posible estudiando los procesos por los cuales se pierde la energía y puede estimarse la cantidad perdida. La figura No. 1 esquematiza los procesos de transformación de la energía del alimento en energía neta para el mantenimiento y crecimiento del pez; además se indican las pérdidas que ocurren durante estas transformaciones.

La energía digerible (ED) es parte de la energía de alimento que el pez absorbe, mientras que la energía excretada en las heces (Eh) se pierde. Parte de la energía digerible se pierde por medio de la excreción de catabolitos nitrogenados en la orina y por las branquias (Em). Esta pérdida es resultado principalmente por el catabolismo de las proteínas y su desaminación cuando los aminoácidos se utilizan para la obtención de energía en vez de ser empleados para la síntesis de nuevas proteínas tisulares. La energía asimilada en el cuerpo es la energía metabolizable (EM), pero una vez más, parte de ella se pierde durante varios procesos. La pérdida de energía por estos procesos, se agrupan con el nombre de "acción dinámica específica" (ADE), que corresponde a la energía perdida durante la respiración y excreción de compuestos nitrogenados.

En animales ectotermos como en el caso de los peces, que obtienen su calor en el medio y no son capaces de mantener una temperatura corporal distinta de la que impera en el medio, el calor producido por la actividad metabólica simplemente se pierde, de modo que la porción no utilizada de la energía del alimento que se convierte en "incremento de calor" y se considera un gasto inevitable en el consumo de energía.

Los peces requieren cierta cantidad de energía para los procesos útiles, como circulación sanguínea, respiración, osmoregulación, desplazamiento tridimensional en el agua y otras funciones esenciales, que constituyen el metabolismo de mantenimiento (Q_m); y otra parte es utilizada para el crecimiento (C).

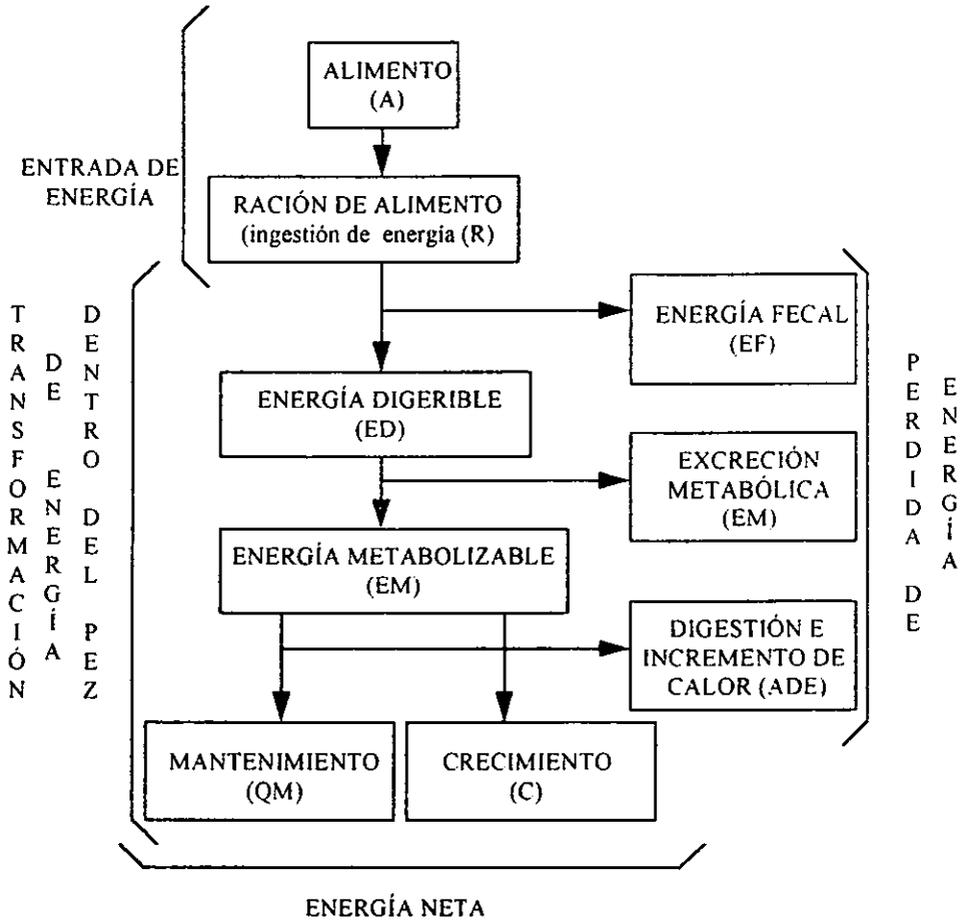


Fig. 1 Diagrama de las transformaciones y pérdidas de energía en los peces (tomado de Hepher, 1988)

Por lo anterior, se buscan alimentos comerciales alternativos que cumplan con las demandas fisiológicas de los organismos que de manera general corresponde al metabolismo basal, desarrollo y crecimiento; por lo que es importante que las empresas elaboradoras de alimentos balanceados generen productos de alta calidad, que cumplan con los requerimientos nutricionales de los organismos para cada una de sus fases de cultivo con la finalidad de que se desarrollen en el menor tiempo posible y cuyos precios sean congruentes con la utilidad del producto.

ANTECEDENTES

La nutrición de los peces ha recibido atención por muchos años. Atkins (1908) reportó la muerte de truchas alimentadas con carne fresca, y aunque no lo sabía (porque las vitaminas no eran bien conocidas en aquel tiempo), describió una deficiencia de vitaminas en la trucha, que años después se encontró que era deficiencia de ácido fólico (Phillips, 1963).

Gran parte de los estudios de nutrición en peces han sido conducidos hacia trucha y salmón y estas han sido bajo condiciones de cultivo con alimentos artificiales.

La mayoría de los datos que hacen referencia a los requerimientos cuantitativos y cualitativos de nutrientes y algunos aspectos sobre alimentación de peces de ornato han derivado de investigaciones llevadas a cabo en la industria acuarística desde los años 70s. Aunque la comprensión de las necesidades alimenticias de los organismos acuáticos ha avanzado mucho en años recientes, la investigación nutricional acuícola, de manera formal, se ha enfocado principalmente a un pequeño número de especies de peces y crustáceos de importancia alimenticia (Pannevis, 1993).

Con relación a los crustáceos, estos han sido ampliamente estudiados, particularmente el langostino malayo *Macrobrachium rosenbergii*, destacando los trabajos de Andrews *et al.*, (1972); Antiporda, (1988) quienes registran la influencia de distintos niveles de proteína y energía en el crecimiento y sobrevivencia. Foster y Cabbot, (1971) y Newman y Lutz, (1982) determinaron la asimilación de diferentes dietas. Nelson *et al.*, (1977); Elliot y Davison, (1975); y Clifford y Brick, (1983) midieron la tasa metabólica en términos de consumo de oxígeno y excreción nitrogenada. Sick y Beaty, (1975); Clifford y Brick, (1979a) establecieron los requerimientos de algunas proteínas y aminoácidos; y Stephenson y Knight, (1980); Clifford y Brick, (1979b) realizaron estudios de balance energético. Por su parte Fierro, (1990) realizó un estudio de balance energético en *Macrobrachium acanthurus* alimentados con dos dietas experimentales y una comercial. Condrey *et al.*, (1972) comparó la asimilación de diferentes dietas por *Penaeus setiferus* y *P. aztecus*.

En lo referente a los estudios de nutrición en peces, en los últimos 25 años se han definido las necesidades de más de 60 nutrientes para un número de especies de consumo humano (Halver, 1989; Steffens, 1989), sin embargo, las necesidades alimenticias documentadas para estas especies no son necesariamente relevantes para cumplir con los requerimientos nutricionales de muchos peces ornamentales.

El National Research Council (1983) menciona que las necesidades de aminoácidos sulfurados para los salmónidos produjeron un crecimiento máximo en una prueba de alimentación relativamente corta, pero tiempo después produjeron un déficit marginal que produjo cataratas. Aunque todavía se usan estos niveles de aminoácidos sulfurados para formular alimentos balanceados para peces de consumo humano, estos no son de ninguna manera, adecuados para las especies de peces ornamentales de larga vida.

Con particular interés se han realizado trabajos muy específicos sobre nutrición en trucha por la importancia que esta especie tiene en el mercado. Phillips y Brockway (1959) determinaron los valores calóricos fisiológicos para tres especies de trucha, usando 85% de grasa digestible, 40% de carbohidratos, 90% de proteína. Phillips *et al.* (1948) midieron los requerimientos de los diferentes tipos de carbohidratos para trucha, mencionando que la trucha puede sufrir de diabetes cuando se alimentan en dietas ricas en carbohidratos, siendo su límite de carbohidratos digeribles el 12%. Phillips *et al.*, (1959, 1967) determinaron los niveles digestibles de proteína en la dieta de trucha en cultivo, encontrando que niveles altos de proteína producían un incremento en el contenido de grasa almacenada en tejido.

Halver *et al.* (1957) determinaron la concentración de los diez aminoácidos requeridos para dos especies de trucha. Block, (1959), comparo el contenido de aminoácidos de alimentos naturales con el de alimentos artificiales para trucha, encontrando pequeñas diferencias en el contenido de aminoácidos entre ambos alimentos.

Braman, (1963) describió un calorímetro para determinar los balances de energía a través de la medición del calor producido, el oxígeno consumido y los gases producidos por el animal. Estos fueron experimentos precisos que proporcionaron muchos de nuestros conocimientos básicos del uso de energía en animales acuáticos.

Otros estudios han medido las diferencias entre el consumo de oxígeno durante el descanso (metabolismo basal) como una estimación de la energía requerida para la actividad respiratoria. Muchos de estos estudios han sido hechos en peces y han alcanzado un alto grado de refinamiento en los experimentos de Brett (1964).

Los requerimientos de energía son frecuentemente estimados en animales sacrificados. Las calorías consumidas por el animal y después depositadas en el cuerpo son químicamente determinadas. La diferencia entre las calorías depositadas como grasa y proteínas y después absorbidas del alimento proporciona una medida de las calorías usadas para propósitos de energía.

Específicamente, para peces de ornato se cuenta con los trabajos de Pannevis, (1993) mencionando, que cuando se alimentaba tres veces al día al "tetra neón" *Paracheirodon innesi* de acuerdo a su peso, se conseguía una utilización del 62% mejor que cuando se alimentaba *at libitum*; López, (1994) concluye que el alimento vivo es indispensable por lo menos para la etapa de cría de *Betta splendens*. Un estudio preliminar sobre los requerimientos de proteína para el guppy *Poecilia reticulata* mostró que un nivel del 30-40% de proteína fue requerido para un máximo crecimiento, conversión eficiente de alimento y mejor desarrollo gonádico (Shim y Chua, 1986). Particularmente para la especie *Pterophyllum scalare* se cuenta con el trabajo de Ocampo *et al.*, (1994) quienes compararon la tasa de crecimiento en peces alimentados con *Daphnia pulex*, y dos alimentos comerciales liofilizados, obteniendo mejores resultados con alimento vivo., Degani, (1993) menciona que la densidad de peces y el porcentaje de proteínas en la dieta del pez ángel influye considerablemente en su crecimiento.

Anteriormente, en las granjas de cultivo de *Pterophyllum scalare*, se prefería utilizar alimento vivo, sin embargo debido a que no siempre este se encuentra disponible, problemas de sanidad y que sus costos son muy altos al igual que los alimentos artificiales elaborados para peces de ornato, actualmente se buscan otro tipo de alimentos comerciales que cumplan con los requerimientos nutricionales de la especie y sus precios no sean tan elevados; en este sentido, los alimentos que se elaboran para la alimentación de trucha arcoiris presentan contenidos de proteína entre 40 y 60% equivalente a los porcentajes encontrados en los alimentos elaborados para peces de ornato, además de tener la ventaja de estar siempre disponibles y no tener precios tan elevados, los hacen aparentemente ideales para la alimentación de peces ornamentales en cultivo como el pez ángel *Pterophyllum scalare* que se encuentra entre las especies con mayor demanda comercial debido a una serie de características estéticas como son la coloración, forma del cuerpo, movimientos elegantes y su gran capacidad de desarrollarse en acuarios.

En México, de todos los peces que se producen en granjas el 50% corresponde a peces ángel que se comercializan principalmente en la etapa juvenil (aproximadamente 2 meses de edad); siendo esta la etapa en que la forma esta bien definida y con la capacidad de soportar el transporte y manejo.

OBJETIVOS

General :

- Evaluar la efectividad de tres alimentos balanceados comerciales en el desarrollo de juveniles de *Pterophyllum scalare*.

Particulares:

- Realizar el balance energético como efecto de cada una de las tres dietas con base en:

- Tasa de ingestión.
- Producción de heces.
- Consumo de oxígeno.
- Excreción nitrogenada.
- Campo de crecimiento.

- Determinar la tasa de crecimiento

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente estudio se llevo a cabo en las instalaciones del acuario de la U.N.A.M. *Campus Iztacala*. Tlalnepantla. Edo. de México.

Los organismos que se utilizaron se obtuvieron de la granja SAM de peces de ornato ubicada en el municipio de Tlalnepantla Edo. de México.

Se utilizaron un total de 135 juveniles de un mes de edad de *Pterophyllum scalare* (Heckel, 1840); pez de ornato originario de Río Amazonas conocido comúnmente como pez ángel. Estos se sometieron a un periodo de aclimatación de 15 días en una acuario de 200 litros previamente equipado con aireación y filtración constante y a una temperatura de 26°C con la finalidad de disminuirles el estrés y que aceptaran los alimentos de prueba.

Al término del periodo de aclimatación los peces se distribuyeron aleatoriamente en nueve peceras con capacidad de 40 litros cada una, las que contaron con un aireador para obtener una concentración de 7 mg/l de oxígeno disuelto (Axelrod, 1970) y un calentador de termostato "Hagen" de 100 watts los que mantuvieron una temperatura de 26°C (+/- 1), la que se midió diariamente con un termómetro para acuario (-10 a 100°C). Posteriormente se formaron 3 lotes de 45 organismos con tres repeticiones, quedando una densidad de 15 organismos por pecera. El periodo de experimentación fué de 90 días.

Antes de iniciar los tratamientos, se determinó la biomasa de los peces en peso húmedo (ph) por lote mediante la diferencia de un volumen conocido de agua con ayuda de una balanza vernier Ohaus modelo 800 (0.001g.) obteniéndose así el peso promedio inicial, el que se determino nuevamente al termino del experimento.

Se probaron tres dietas balanceadas en presentación de pellet: dos de ellas no convencionales en la alimentación de peces ornamentales manufacturadas por "RANGEN" (trucha iniciador) y "ZIEGLER" (trucha finalizador) y una tercera elaborada específicamente para peces tropicales de ornato de la marca "Tetra Bits" manufacturada por "TETRA". A estos alimentos se les realizó un análisis bromatológico para conocer la proporción exacta de proteínas, lípidos y carbohidratos.

Los alimentos mencionados se suministraron diariamente a razón del 10% (que se determinó previamente en un bioensayo) de la biomasa obtenida por lote. El tiempo de alimentación fue de dos horas, al término del cual se recuperó el alimento remanente por medio de un sifón en cuyo extremo se colocó una red de 15x15 cm. con abertura de malla de 80 micrómetros propuesto por Cho. *et al.* (1975,1982).

Cada 24 horas se colectaron las heces producidas por los peces, empleando el sifón y las redes antes descritas, esto se realizó antes de suministrar el alimento. Las muestras obtenidas se llevaron a una secadora a 60°C donde se obtuvo el valor en peso seco (p.s) de heces y alimento remanente. En cada operación se realizaron recambios de agua de clorada del 25% del volumen de cada pecera; esto ayudó a mantener buena calidad de agua y evitar que los peces se enfermaran.

Para obtener el contenido de materia orgánica de los alimentos y de las heces, se determinó el contenido de cenizas incinerando un gramo de cada muestra en crisoles de porcelana por duplicado en una mufla "Lindberg" modelo 51894 a 450 °C durante tres horas y por diferencia de peso se obtuvo el peso seco libre de cenizas (P.S.L.C.) (Olvera, *et al.* 1993).

Se calculó también el contenido calórico de los alimentos, heces y de los mismos peces (los que previamente se secaron al término del experimento) de cada lote, utilizando una bomba calorimétrica "PARR" para lo que se elaboraron pastillas de un gramo de peso seco, mismas que se quemaron en la bomba (Maynard y Loosli, 1962).

También se determinaron los siguientes parámetros fisiológicos de los peces como efecto de las dietas.

Tasa de ingestión (C): la que se calculó mediante la diferencia entre la cantidad de alimento proporcionado, menos la cantidad de alimento remanente, expresado en mg de alimento ingerido día/g. de p.s de pez, tomando en cuenta el factor de disolución (ver Apéndice) (Cho, *et al*, 1975)

Producción de heces (H): se obtuvo pesando las heces producidas durante el tiempo de experimentación de cada tratamiento en mg. de heces/día /P.S de pez. (Cho, *et al*, 1975)

Consumo de oxígeno (R): Se implementó un respirómetro cerrado (Brett, 1964), donde se sometió a aireación constante el agua contenida en un recipiente de 100 litros para saturarla de oxígeno disuelto, la que se hizo circular por gravedad a 42 cámaras respirométricas de un litro cada una durante 15 minutos para asegurar que todas tuvieran la misma concentración de oxígeno disuelto. posteriormente se tomó una muestra del agua contenida en cada cámara para medir la concentración inicial de este parámetro, utilizando un oxímetro "Yellow spring modelo 59B. Seguidamente, se introdujo un pez en cada cámara (catorce por tratamiento) cerrando simultáneamente el flujo del agua. Los organismos se dejaron durante una hora y al término de este se tomó una segunda muestra de agua de cada cámara para medir la concentración final de oxígeno. La diferencia entre la concentración inicial y final de oxígeno correspondió a los mg. de oxígeno consumido/h.g⁻¹. P.S de pez que se transformó a su equivalente calórico de 3.53 cal. por mg. de oxígeno consumido propuesto por Elliot y Davison (1975).

Excreción nitrogenada (U): la cual se realizó simultáneamente con la determinación de consumo de oxígeno, que se midió de acuerdo a la técnica de azul de indofenol (Rodier, 1981), expresándose en miligramos de NH_4 producido de P.S. de pez, que se transformó a su equivalente calórico utilizando el factor 5.73 cal. por mg de NH_4 excretado, propuesto por Clifford y Brick, (1979b).

Acción dinámica específica (ADE); que reflejó el efecto colorigénico de los alimentos, se determinó por medio de la diferencia en la cuantificación del consumo de oxígeno en dos condiciones diferentes: peces recién alimentados y después de 48 horas de inanición. Expresado como incremento del consumo de oxígeno en mg. por día / g de peso de pez (Hepher, 1988).

Tasa de crecimiento (T.C): la que se determinó por el incremento de peso húmedo en un lapso de tiempo de experimentación, expresado en g. peso húmedo/día/pez (Olvera, *et al*, 1993)

A partir de los parámetros anteriores se relacionaron las tasas metabólicas en términos de consumo de oxígeno y excreción nitrogenada, con el peso seco de los organismos de acuerdo al modelo propuesto por Paloheimo y Dickie, 1966 (en Higuera, 1987).

$$Y = ax^b$$

donde:

Y = tasa metabólica (consumo de oxígeno y excreción nitrogenada en mg.h.gPS^{-1})

x = peso seco por individuo en gramos.

También con estos parámetros se determinó el balance de energía utilizando la expresión propuesta por Klekowski y Duncan (1975):

$$C=H+R+ADE+U+P$$

Donde (P) representa el campo de crecimiento ó energía neta que se obtuvo a partir de las diferencias entre la tasa de ingestión (C) y la suma de energía utilizada en la producción de heces (H), consumo de oxígeno (R), la acción dinámica específica (ADE) y la excreción nitrogenada (U).

Se evaluó el porcentaje asimilado de alimento ingerido o eficiencia de asimilación donde se utilizó el método de Conover, modificado por Condrey *et al.*, (1972):

$$U' = \frac{F-E}{(1-E)F} \times 100$$

Donde:

$$F = \frac{\text{Peso seco libre de cenizas del alimento}}{\text{Peso seco del alimento}}$$

$$E = \frac{\text{Peso seco libre de cenizas de las heces}}{\text{Peso seco de las cenizas}}$$

Para obtener la asimilación se multiplicó la tasa de ingestión (C) y la eficiencia de asimilación (U') expresada como:

$$A = C \times U'$$

En cuanto a las características fisicoquímicas del agua se midió el pH con un potenciómetro de campo Cole parmer modelo 594100 (0.01 unidades), la dureza, oxígeno disuelto y alcalinidad de acuerdo a las especificaciones del Standard Methods (1985).

Para el análisis de resultados se aplicó un análisis de varianza (Daniels, 1993), donde se compararon los parámetros fisiológicos de cada tratamiento y de igual manera el balance energético obtenido por dieta.

RESULTADOS

Al efectuar el análisis bromatológico de los tres alimentos empleados en el experimento se obtuvieron los siguientes resultados:

Alimento	Dieta A (Tetra bits)	Dieta B (Trucha iniciador)	Dieta C (Trucha finalizador)
Materia seca (%)	100.00	100.00	100.00
Humedad (%)	0.00	0.00	0.00
Proteína (%)	47.16	55.56	40.16
Lípidos (%)	4.12	16.68	12.25
Cenizas (%)	11.32	11.27	7.05
Fibra cruda (%)	1.78	1.05	1.40
Carbohidratos (%)	35.62	15.44	39.13
Factor de dilución (%)	0.9981	0.7815	0.9985
Valor calórico (cal/mg)	4252.49	3559.25	4830.98
Total Nitrógeno disuelto (%)	76.66	89.87	90.85

Tabla 1. Análisis químico proximal, factor de dilución y valor calórico de los alimentos suministrados a los juveniles de *Pterophyllum scalare*.

Al pesar los peces antes y después del tratamiento con las tres dietas se obtuvieron los siguientes resultados:

Dieta	A (tetra bits)	B (trucha iniciador)	C (trucha finalizador)
Peso húmedo inicial (g)	0.5166	0.5000	0.5666
Peso húmedo final (g)	3.4000	2.6333	2.7333
Peso seco inicial (g)	0.1059	0.1234	0.1262
Peso seco final (g)	0.8000	0.6500	0.8500

Tabla 2. Pesos inicial y final de los juveniles de *Pterophyllum scalare* alimentados durante 90 días con las dietas comerciales.

Al evaluar las respuestas fisiológicas de los peces como efecto de las dietas se obtuvieron los siguientes resultados:

DIETA	C cal/día/gPs	R cal/día/gPs	H cal/día/gPs	U cal/día/gPs	ADE cal/día/gPs	P cal/día/gPs
A	25.1128	3.4397	12.2988	3.1653	0.1369	6.0721
B	23.2852	3.5106	11.4107	4.3403	0.1335	3.8901
C	22.5348	3.4749	10.1207	3.7431	0.1157	5.0804

Tabla 3. Valor calórico de cada uno de los componentes de la ecuación de balance de energía para juveniles de *Pterophyllum scalare*. Ingestión (C); Consumo de oxígeno (R); Producción de heces (H); Excreción nitrogenada (U); Acción dinámica específica (ADE) y Campo de crecimiento (P).

Al evaluar la excreción de nitrógeno en peces recién alimentados y después de 48 hrs. de inanición se obtuvieron los siguientes resultados:

(U)				
Inanición			Alimentados	
DIETA	mg NH ₃ /h/gPs	V.C cal/día/g	mg/ NH ₃ /h/gPs	V.C cal/día/g
A (tetra bits)	0.4169	2.3892	0.5524	3.1652
B (trucha iniciador)	0.5510	3.1573	0.7574	4.3402
C (trucha finalizador)	0.5267	3.0181	0.6532	3.7431

Tabla 4. Excreción nitrogenada (U) y su respectivo valor calórico en peces recién alimentados y después de 48 hrs. de inanición.

Con el objeto de ilustrar de otra forma el incremento de excreción de nitrógeno en los peces recién alimentados con las dietas experimentales, se utilizaron los datos de la tabla 4 para obtener la gráfica que se muestra a continuación:

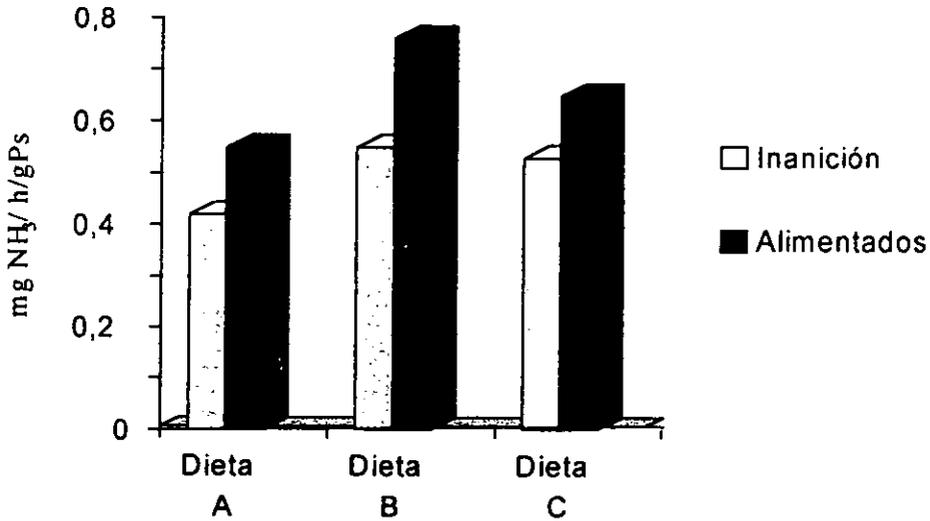


Fig. 2 Excreción nitrogenada (U) en peces mantenidos 48 hrs sin alimento (inanición) y en peces recién alimentados con las dietas experimentales.

Al evaluar el consumo de oxígeno en peces recién alimentados y después de 48 hrs. de inanición se obtuvieron los siguientes resultados:

(R)				
DIETA	Inanición		Alimentados	
	mgO ₂ /h/gPs	V.C cal/día/gPs	mgO ₂ /h/gPs	V.C cal/día/gPs
A (tetra bits)	0.9505	3.3553	0.9744	3.4397
B (trucha iniciador)	0.9712	3.4283	0.9945	3.5106
C (trucha finalizador)	0.9612	3.3931	0.9844	3.4749

Tabla 5. Consumo de oxígeno (R) y sus respectivo valor calórico en peces recién alimentados y después de 48 hrs. de inanición.

Con el objeto de ilustrar de otra forma el incremento en el consumo de oxígeno en peces recién alimentados con las dietas experimentales con respecto al metabolismo basal, se utilizaron los datos de la tabla 5 para obtener la gráfica que se muestra a continuación:

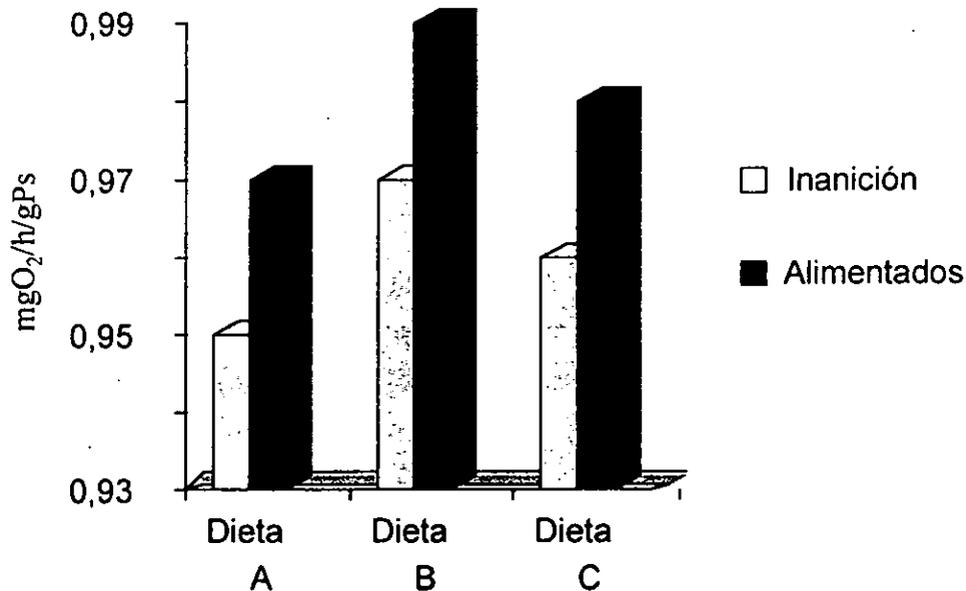


Fig. 3 Consumo de oxígeno (R) en peces mantenidos 48 hrs sin alimentar (inanición) y en peces recién alimentados con las dietas experimentales

Al evaluar la asimilación y eficiencia de asimilación en los peces alimentados con las dietas experimentales se obtuvieron los siguientes resultados:

DIETA	(U') Cal/día/gPs	(A) Cal/día/gPs
A (tetra bits)	72.3115	18.1594
B (trucha iniciador)	72.5866	16.9024
C (trucha finalizador)	70.1831	15.8158

Tabla 6. Eficiencia de asimilación (U') y asimilación (A) para cada dieta en juveniles de *Pterophyllum scalare*.

Al evaluar la tasa de crecimiento en peso en los peces alimentados durante 90 días con las dietas experimentales se obtuvieron los siguientes resultados:

DIETA	TASA DE CRECIMIENTO EN PESO (BASE HÚMEDA) g /día/ind.
A (tetra bits)	0.0321
B (trucha iniciador)	0.0237
C (trucha finalizador)	0.0241

Tabla 7. Tasa de crecimiento del pez ángel para cada dieta experimental.

Con el objeto de ilustrar de forma más clara el incremento en peso por día de cada pez para cada dieta experimental, se utilizaron los datos de la tabla 7 para obtener la gráfica que se muestra a continuación:

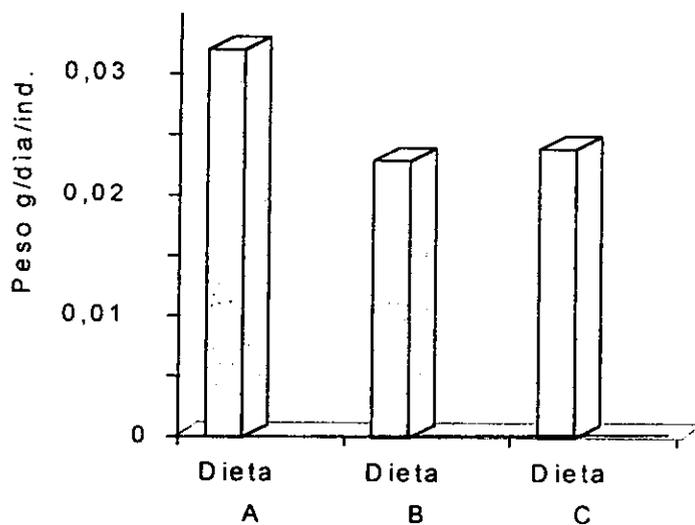


Fig. 4 Tasa de crecimiento en peso (base húmeda) en juveniles de *Pterophyllum scalare* alimentados con las tres dietas experimentales durante 90 días.

Con el objeto de ilustrar de forma más clara la distribución de energía, se utilizaron los resultados del balance de energía de la tabla 3 obteniéndose el siguiente diagrama donde se visualiza los porcentajes (%) del total de la energía ingerida que se utilizó para crecimiento y las pérdidas por los procesos metabólicos para cada dieta experimental:

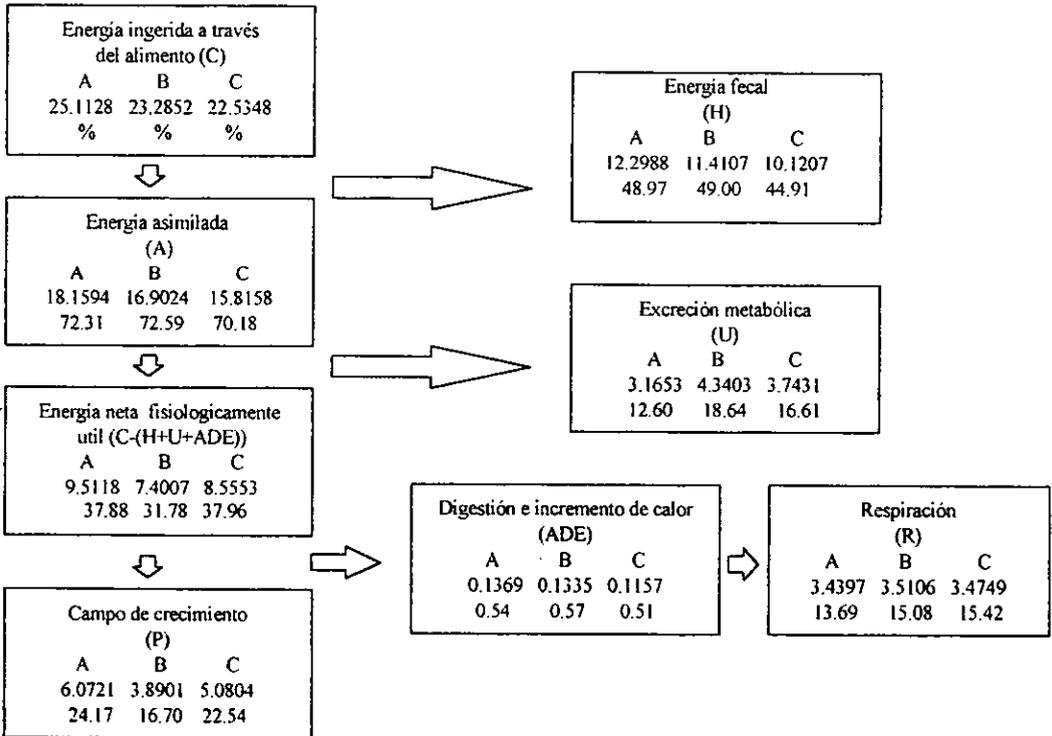


Fig. 5. Diagrama de la distribución de la energía ingerida a través del alimento en juveniles de *Pterophyllum scalare* con las dietas A, B y C expresado en Cal/día/g. P.S de pez; y sus respectivos porcentajes.

DISCUSIÓN

Con el objeto de mostrar más claramente las diferencias entre las tres dietas, los resultados se analizan en porcentajes (%) obtenidos a partir de los valores mostrados en los resultados. De los alimentos suministrados a los juveniles de *Pterophyllum scalare*, la dieta A (Tetra bits) presentó el valor más alto de ingestión (7.28% y 10.27%) con respecto a las dietas B (trucha iniciador) y C (trucha finalizador) respectivamente, mientras que esta última presentó la menor ingesta por parte de los peces (tabla 3). En este sentido, Hunnam, (1982), Axelrod *et al*, (1987) y Butcher, (1992) mencionan que el pez ángel, aunque es una especie omnívora que acepta bien los alimentos balanceados en cautiverio, presenta cierta preferencia por aquellos de texturas suaves y colores oscuros, siendo estos factores los que probablemente afectaron la tasa de ingestión; ya que la dieta A (tetra bits) resultó ser más atractiva para los peces por su presentación en pellet rojo oscuro, seguida de la dieta B (trucha iniciador) en presentación de pellet café oscuro y finalmente la dieta C (trucha finalizador) en presentación de pellet café claro, aunado esto a la poca compactación del pellet, ya que este último tuvo que ser triturado para obtener un tamaño de partícula accesible al pez. En relación a lo anterior, cabe señalar también, que los pellets de la dieta A (tetra bits) y B (trucha iniciador) fueron bien aceptados por los peces siendo ingeridos inmediatamente, mientras que el pellet de la dieta C (trucha finalizador) no fue aceptado de la misma forma ya que requirió de un tiempo de inspección y selección por parte de los peces; además, de que este produjo una alta cantidad de pequeñas partículas perdiéndose en el medio acuático al momento de ser mordidos.

Respecto a la tasa de producción de heces, los resultados (tabla 3) se comportaron de manera similar a los obtenidos en la tasa de ingestión; siendo la dieta A (tetra bits) la que presentó el valor más alto (7.22% y 17.71%) con respecto a las dietas B (trucha iniciador) y C (trucha finalizador). En relación a la energía total ingerida por el pez se pierden el 48.97%, 49.00% y 44.91% como energía fecal para las dietas A, B y C respectivamente; estos resultados son similares a los reportados en salmónidos quienes tienen una gran capacidad de digerir proteínas y grasas a partir de alimentos comerciales (Cho *et al*, 1982). Estas pérdidas de energía son debidas a los procesos de digestión los que se ven influenciados por las características del alimento y el nivel de alimentación.

Los valores obtenidos de digestibilidad o eficiencia de asimilación (tabla 6), indican que las tres dietas fueron asimiladas satisfactoriamente ; siendo la dieta A (tetra bits) la que presentó mayor digestibilidad (2.39% y 2.94%) con respecto a las dietas B (trucha iniciador) y C (trucha finalizador); no obstante los valores son muy cercanos entre sí indicando que gran parte de la materia orgánica de las tres dietas fue asimilada, lo que comprueba que estos peces tienen una gran capacidad de asimilar una amplia gama de materiales orgánicos debido a sus hábitos omnívoros. No hay reportes de digestibilidad para el pez ángel o alguna especie cercana y no sería válido compararlo con resultados de otras especies cuyos hábitos alimenticios y ambientes son diferentes.

Debido a la alta digestibilidad y tasa de ingestión que presentó la dieta A (tetra bits), la asimilación que es dependiente de los parámetros anteriores, fue mayor para los peces alimentados con la dieta A (6.9% y 12.9%) con respecto a las dietas B (trucha iniciador) y C (trucha finalizador) respectivamente (tabla 3). La baja asimilación de la dieta C se debió en gran medida a la menor digestibilidad y tasa de ingestión que presentó este alimento. Cho *et al.* (1982) y Fierro (1990) mencionan que cálculos directos de la asimilación son difíciles en medios acuáticos y la variabilidad en los resultados obtenidos por diferentes autores en la misma especie son causa de la técnica usada en la cuantificación de la digestión y tasa de excreción; aunque para *Pterophyllum scalare* no se tienen reportes de estos parámetros.

Phillips y Brockway (1959) mencionan que la trucha arcoiris siendo una especie carnívora, presenta una amplia gama de enzimas digestivas, razón por la cual tiene gran capacidad de digerir diferentes tipos de proteínas, carbohidratos y lípidos; posiblemente, el pez ángel debido a sus características omnívoras también presenta diversas enzimas digestivas que le permitan asimilar una amplia variedad de nutrientes; ya que al algunos autores como Aries (1972) y Axelrod (1970) mencionan que el *Pterophyllum scalare* tiene la capacidad de digerir plantas y diversos alimentos artificiales; aunque sería necesario realizar otros experimentos para corroborarlo.

Las dietas produjeron una respuesta calorigénica (ADE) (tabla 3) observándose un incremento del 2.45%, 2.34%, 2.35% para las dietas A (tetra bits), B (trucha iniciador) y C (trucha finalizador) respectivamente. Este incremento en el consumo de oxígeno que fué mayor en la dieta A es debido básicamente a la ingestión de proteínas y aminoácidos; Harper (1971) menciona que los carbohidratos y lípidos tienen un efecto mínimo sobre el ADE. A saber, la dieta B es la que tiene el mayor porcentaje de proteína con respecto a A y C (tabla 1); Al comparar estos resultados, es posible que las diferencias del ADE con relación a los contenidos de proteína de cada dieta se deben a la calidad de las proteínas utilizadas en la elaboración de los alimentos, la solubilidad de los aminoácidos en el medio y la cantidad real de proteína ingerida por los peces corroborado por Nelson *et al* (1977) que menciona que el incremento en el consumo de oxígeno va a depender de las características y tipo de dieta y no a la cantidad ingerida o tasa de ingestión.

A diferencia de otros animales como los mamíferos, los peces en cultivo necesitan usar las proteínas con mayor eficacia, ya que los productos del metabolismo de las proteínas principalmente amoníaco contaminarán directamente el medio; lo anterior se evalúa como tasa de excreción nitrogenada que de acuerdo a Borsook y Winergarden (1981), está muy relacionada con el ADE por el efecto de la desaminación de los aminoácidos donde se libera el grupo amino y es excretado al medio como amoníaco NH_3 .

Después de alimentados los juveniles de *Pterophyllum scalare*, se obtuvo un incremento en la tasa de excreción nitrogenada con respecto a la que presentan en estado basal del 24.52%, 27.26% y 19.37% respectivamente para las dietas A (tetra bits), B (trucha iniciador) y C (trucha finalizador). Se observa que la dieta B produjo 27.08% y 13.76% más NH_3 que las dietas A y C; lo que indica una mayor desaminación de los aminoácidos en la dieta B debido al alto contenido de proteína de este alimento (55.56%).

En relación a la tasa de crecimiento (tabla 7) la dieta A (tetra bits) presentó un 26.17% y 24.93% más que las dietas B (trucha iniciador) y C (trucha finalizador) respectivamente, aunque estas diferencias no son significativas (ANOVA, $P > 0.05$). Tasas similares de crecimiento fueron obtenidas por Ocampo *et al* (1992) en *Pterophyllum scalare* usando alimentos balanceados para peces ornamentales.

Los valores de campo de crecimiento o la potencialidad de crecimiento de los peces se presentan en la tabla 7, donde se observó que este fue mayor para la dieta A (tetra bits) (35.94% y 16.34%) en relación a las dietas B (trucha iniciador) y C (trucha finalizador) respectivamente. Este hecho indica que la energía asimilada reflejada en el campo de crecimiento fue más eficientemente utilizada por los peces que se alimentaron con la dieta A.

Los resultados del balance energético (figura 5) muestran que de el total de la energía ingerida a través del alimento, la dieta A (tetra bits) fue la más eficiente en términos de energía fisiológicamente útil, es decir, aquella utilizada en el metabolismo de mantenimiento y la destinada para crecimiento, ya que estos parámetros resultaron ser los más altos en relación a las dietas B (trucha iniciador) y C (trucha finalizador), mientras que las pérdidas de energía en respiración y excreción fueron los mas bajos para la dieta A seguida de la dieta C, en tanto que la dieta B presentó los valores más altos, aunque no fueron significativamente diferentes (>0.05). Se esperaría que la dieta B reflejara el mejor rendimiento debido a que esta presentó el mayor contenido de proteína (tabla 1); en relación a esto, Pannevis (1993) menciona que la eficiencia de una dieta dependerá, además de la cantidad de proteína, de la calidad y etapa de desarrollo de los peces. Estos hechos indican, por una parte que la dieta A (tetra bits) fué la que presentó la mejor proporción de proteínas, lípidos y carbohidratos, así como una mejor calidad en relación a las dietas B (trucha iniciador) y C (trucha finalizador); y por otra parte, las tres dietas, mostraron un efecto prácticamente igual en términos energéticos, es decir, que ambas dietas proporcionaron un suministro correcto de energía y de nutrientes esenciales en las proporciones requeridas por los peces para su mantenimiento y crecimiento; siendo viable la utilización de cualquiera de estas dietas en la alimentación de juveniles de *Pterophyllum scalare*.

En relación a lo anterior cabe señalar que si bien, las tres dietas mostraron un desempeño prácticamente igual; en términos de economía, la dieta A (tetra bits) que es un alimento específico para peces tropicales de ornato tiene costos muy elevados en relación con los alimentos elaborados para trucha como fueron las dietas B (trucha iniciador) y C (trucha finalizador), que si bien no son convencionales en la alimentación de peces tropicales, estos pueden ser utilizados obteniéndose buenos resultados en crecimiento; además del ahorro económico.

En cuanto el aspecto estético de los peces, que aunado al tamaño corresponde un punto importante en la comercialización de peces de ornato, la dieta A (tetra bits) promovió el desarrollo de un color rojo intenso en los ojos de los peces haciéndolos más atractivos a diferencia de los peces alimentados con las dietas B (trucha iniciador) y C (trucha finalizador) manteniéndose una coloración grisácea. Esto se debió a que la dieta A (tetra bits) en su composición bien adicionados pigmentos como carotenes y vitaminas como la L-ascorbyl-2-polifosfato, mientras que las dietas B (trucha iniciador) y C (trucha finalizador) no presentan promotores de coloración, aunque los nuevos alimentos que se elaboran para trucha se les empiezan a adicionar algunos carotenoides para la pigmentación de la carne. En cuanto a la coloración del cuerpo, esta se mantuvo plateada con las franjas negras características del pez ángel para los tres alimentos.

Es importante mencionar que no se había puesto interés en evaluar alguno de los múltiples alimentos que se ofrecen a juveniles de *Pterophyllum scalare*; especie tropical de importancia básicamente ornamental que se ha cultivado e importado desde los años 70's (Axelrod, 1970 y Axelrod *et al*, 1987), por lo que los resultados del aprovechamiento bioenergético de estos tres alimentos comerciales son los primeros que se reportan para este organismo.

CONCLUSIONES

Las tres dietas suministradas a los juveniles de pez ángel fueron bien aceptadas mostrando estadísticamente un rendimiento bioenergético y tasas de crecimiento prácticamente iguales, siendo viable la utilización de cualquiera de estas dietas en la alimentación de juveniles de *Pterophyllum scalare*.

Las dietas B (trucha iniciador) y C (trucha finalizador) en términos de precios, son más económicas que la dieta A (tetra bits), por lo tanto y dependiendo de los objetivos de producción es factible utilizar las dietas B o C consideradas no convencionales para peces tropicales de ornato en la alimentación de juveniles de pez ángel.

Pterophyllum scalare es una especie con una gran capacidad de digerir y asimilar una amplia gama de nutrientes, por lo que puede alimentarse exclusivamente de alimentos artificiales pelletizados durante la etapa juvenil.

El pez ángel mostró mayor preferencia por los alimentos con coloraciones oscuras y texturas compactas pero suaves, como fueron las dietas A (tetra bits) y B (trucha iniciador).

LITERATURA CITADA

- Aguilar, V.M. (1993) Estudio preliminar de peces dulceacuícolas tropicales de uso ornamental (Pisces; Osteichtyes) incluyendo procedencia, legislación, comercialización y especies cultivadas que se comercializan en el Distrito Federal. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias Biol. Univ. del Noroeste, Tamps. p 35.
- Aguilera, H.P. y Noriega, G.P. (1986) ¿Qué es la acuicultura? Secretaria de Pesca. FONDEPESCA. México.
- Antiporda, J. (1988) Requerimientos nutricionales del langostino malayo (*Macrobrachium rosenbergii*). *Acuavisión*. FONDEPESCA: 15:10-12
- Andrews, J.W., Sick, L.V. and Baptist, G.P. (1972) The influence of dietary protein and energy levels on growth and survival of penaeid shrimp. *Aquaculture*. 1:341-347
- Aries, S.S. (1972) Discus y Scalares. Littec. Fondo de literatura técnica. Suplemento 6. Argentina. p 72.
- Atkins, C.G. (1908) Foods for young salmonoid fishes. *U.S. Bur. Fisheries, Bull.* 28:839-851
- Axelrod, H.R. (1970) Breeding aquarium fishes. Book I. T.F.H. U.S.A.
- Axelrod, H.R., Warren, E.B. and Cliff, W.E. (1987) Mini-Atlas of freshwater aquarium fishes. T.F.H. U.S.A.
- Block, R.J. (1959) The approximate amino acid composition of wild and hatchery trout (*Salvelinus fontinalis*) and some of the principal foods (*Gammarus* and *Hexagenia bilineata*). *Contrib. Boyce Thomson Inst.* 20, 103-105

- Braman, W.W. (1963) The respiration calorimeter. *Penn. State Univ., Agr. Expt. Sta., Bull.* 302
- Brett, J.R. (1964) The respiratory metabolism and swimming performance of young sockeye salmon. *J. Fisheries Res. Board. Can.* 21:1183-1226
- Butcher, R.L (1992) Manual of ornamental fish. BSAVA. Cheltenham.
- Cho, C.Y., Bayley, H.S. and Slinger, S.J. (1975) An automadet fish respirometer for nutrition studies. Proc. 28 th. Ann. Meeting of Can. Cont. for fish. Res. Vancouver, B.C.
- Cho, C.Y., Slinger, S.J. and Bayley, H.S. (1982) Bioenergetics of salmonid fishes: energy intake, expenditure and productivity. *Comp. Biochem. Physiol.* 73B:25-41
- Clifford, C.H. and Brick, A.W. (1979a) Protein utilization in the freshwater shrim *Macrobrachium rosebergii*. *Proc. World Maricul. Soc.* 9:195-208
- Clifford, C.H. and Brick, A.W. (1979b) A physiological approach to the study of growth and boenergetics in the freshwater shrim *Macrobrachium rosebergii*. *Proc. World Maricul. Soc.* 10:701-719
- Clifford, C.H. and Brick, A.W. (1983) Nutricional physiology of the freshwater shrimp *Macrobrachium rosebergii* (De Man). Substrate metabolism in fasting juvenile shrimp. *Comp. Biochem. Physiol.* 71(a):561-568
- Condrey, R.E., Groselink, J.G. and Bennett, H.J. (1972) Comparison of the assimilation of different diets by *Penaeus setiferus* and *P. aztecus*. *Fishery Bulletin.* 70:1281-1293.
- Daniels, W. (1993) Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud. 3a de. Limusa-Noriega. México. 667 p.

- Degani, G. (1993) Growth and body composition of juveniles of *Pterophyllum scalare* (Linchtenstein) (Pisces: Ciclidae) at different densities and diets. *Aquaculture and Fisheries Management*. 24(6):725-730
- Elliot, J.M. and Davison, W. (1975) Energy equivalents of oxygen consumption in animal energetics. *O. Ecology*. 19:195-201
- Fierro, C.F. (1990) Desempeño de tres dietas balanceadas suministradas a juveniles del langostino *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) en condiciones de laboratorio. Tesis Profesional. ENEP-Iztacala, UNAM.
- Forster, R.M., and Cabbott, P.A. (1971) The assimilation of the nutrients from compounded diets by the prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *J. World Maricul. Soc.* 13:95-100
- Halver, J.E. (1989) Fish nutrition. Academic Press, London. p728
- Halver, J.E., DeLong, D.C. and Mertz, E.T. (1957) Nutrition of salmonoid fishes. V. Classification of essential amino acids for chinook salmon. *J. Nutr.* 63:95-105
- Hopher, A. (1988) Nutrición de peces cultivados en estanques. Limusa. México.
- Higuera, de la M. (1987) Diseños y metodos experimentales de evaluación de dietas. Nutrición en acuicultura. CAIC y T. 291-318
- Hunnam, P., Milney, A., Stebbing, P. y Larson, J.E. (1982) El acuario vivo. Raíces. España.

- Klekowsky, R.Z. and Duncan A. (1975) Physiological approach to ecological energetics. In "Methods for Ecological Bioenergetics" (Grodzinski, W., Klekowsky, R.Z. and Duncan, A. eds) I.B.P. Blackwell Sci. Pub. Oxford. England. p 15-66
- Lagler, K.F., Bardach, J.E., Miller, R.R. y Passino, D.R. (1984) Ictiología. AGT Editor. México. p 5.
- López, C.M. (1994) Utilización de cultivos de apoyo (invertebrados) en la producción de *Betta splendens*, Regan, 1909. Tesis Profesional. UNAM campus Iztacala, México.
- Maynard, L.A. and Loosli, J.K. (1962) Animal nutrition. Mc Graw Hill. New York.
- National Research Council (1993) Nutrient requirement of warmwater fishes and shellfishes. National Academy Press, Washington, D.C.
- Nelson, S.G., Knigh, A.W. and Li, H.W. (1977) The metabolic cost of food utilization and ammonia production by juvenile *Macrobrachium rosebergii* (Crustacea: Palaemonidae) *Comp. Biochem. Physiol.* 58(A):319-327
- Newman, M.W and Lutz, P.L. (1982) Temperature effects on feed ingestion and assimilation efficiency of nutrients by the Malasian prawn *Macrobrachium rosebergii* (De Man) *J. World Maricul. Soc.* 13:95-103
- Ocampo, H.D., Soriano, M.B., Figueroa, T. y Luna, F. (1994) Alimentación y crecimiento de *Pterophyllum scalare* (Pisces: Cichlidae) en condiciones de laboratorio. Memorias del Congreso Nacional de Ictiología. México.
- Olvera, N.M., Martínez, P.C. y Real de L.E. (1993) Manual de técnicas para laboratorio de nutrición de peces y crustáceos. Proyecto Aquila II. F.A.O. México. p 19-21

- Pannevis, M.C. (1993) Alimentación de los peces ornamentales. *Waltham International Focus*. 3(3):17-22
- Phillips, A.M. Jr. (1963) Folic acid as an anti-anemia factor for brook trout. *Progressive Fish Culturist*. 25:183-186
- Phillips, A.M., Brockwey, D.R., Kolb, A.J. and Maxwell, J.M. (1951) Cortland hatchery report 19 for the year 1950. Fisheries Res. Bull. 14. State of New York Conservation Department, Albany.
- Phillips, A.M., and Brokwey, D.R. (1959) Dietary calories and the production of trout in hatcheries. *Progressive Fish Culturist*. 21:3-16
- Phillips, A.M., Tunison, A.V. and Brokwey, D.R. (1948) The utilization of carbohydrate by trout. *Fisheries Res. Bull.* 11. State of New York Conservation Department, Albany.
- Phillips, A.M., Poston, H.A. and Livingston, D.L. (1967) The effects of calories sources and water temperature upon trout growth and body chemistry. Cortland of New York Conservation Department, Albany.
- Rodier, J. (1981) Análisis de las aguas. Omega. España. p 137-140
- Shim, K.F. and Chua, Y.L. (1986) Some studies on the protein requirement of the guppy *Poecilia reticulata* (Peters). *J. Aquaricult. & Aqu. Sci.* 4:79-84
- Sick, L.V. and Beaty, H. (1975) Development of formula foods designed for *Macrobrachium rosebergii* larval and juvenil shrimp. *Proc. World Maricult. Soc.* 6:89-102

- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1985) APHA, AWWA and WPCF. Joint Board Washington, D.C.
- Steffens, W. (1989) Principles of fish nutrition. Ellis Horwood. Chichester. p 348
- Stephenson, M.J. and Knight, A.W. (1980) Growth, respiration and caloric content of larvae of the prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Comp. Biochem. Physiol.* 66(A): 385-391
- Vergara, C.V. y de la Garza, M.C. (1988) La nutrición en la producción acuícola. *Acuavisión*. FONDEPESCA. 14:29-31

APÉNDICE

a) Factor de dilución:

Se colocó por triplicado una cantidad conocida de alimento (1 g.) en el mismo volumen de agua y mismas condiciones de aireación y temperatura que se utilizaron durante el experimento. Se dejaron durante dos horas y al término de este tiempo, se retiraron por medio del sifón y se pusieron a secar hasta peso constante. La diferencia entre el peso inicial y final se expresó como porcentaje de peso seco perdido (Cho, *et al*, 1975).

b) Calidad del agua durante el experimento:

pH	7.9
Dureza total	250 mg CaCO ₃
Alcalinidad	160 mg CaCO ₃
Oxígeno disuelto	7 mg/l
Temperatura	26 °C

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

c) Aspectos de la biología del pez ángel:

Reino: Animalia
 Filo: Cordata
 Clase: Osteichthys
 Orden: Perciformes
 Familia: Cichlidae
 Genero: *Pterophyllum*
 Especie: *P. scalare*
 (Lagler *et al*, 1984)



El pez ángel *Pterophyllum scalare* es un ciclido con cuerpo de forma discoide comprimido lateralmente, incluidas las aletas la longitud total puede llegar a los 15 cm. y altura de 25 cm. Las aletas dorsal y anal están muy desarrolladas y las aletas ventrales se alargan. En su coloración destacan cuatro bandas verticales. El patrón de pigmentación es dorado, pero puede cambiar en las diferentes variedades obtenidas por hibridación.

Se distribuye desde las Guyanas hasta las cuencas de los ríos Tapajoz, Orinoco y Amazonas en Sudamérica donde el agua es muy pobre en minerales y pH de 6.0 a 7.3. Vive cerca de las orillas donde la vegetación es frondosa y la profundidad no sobrepasa los dos metros, generalmente son abundantes y viven en cardúmenes de 15 a 20 ejemplares.

Es una especie omnívora con tendencias al carnivorismo, sin embargo, en cautiverio acepta prácticamente cualquier tipo de alimento vivo y artificial; es un pez tranquilo y muy nervioso (Aries, 1972).