

00361

9  
2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

EFECTO DE LA VARIACION DE PROTEINA Y DE  
CARBOHIDRATOS DIETETICOS EN LOS  
REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE  
JUVENILES DE CARPA DORADA, *Carassius auratus*  
(PISCES: CYPRINIDAE).

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE

MAESTRO EN CIENCIAS (BIOLOGIA)

P R E S E N T A :

DANIEL HERNANDEZ OCAMPO

DIRECTORES DE TESIS: DR. HECTOR QUIROZ CASTELAN

DRA. MARTHA GABRIELA GAXIOLA CORTES

MEXICO, D. F.

1999.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

270939



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

A MI FAMILIA

## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Héctor Quiroz Castelán, Investigador de Tiempo Completo del Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

A la Dra. Martha Gabriela Gaxiola Cortés, Investigadora de Tiempo Completo del Laboratorio de Ecofisiología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Por la acertada dirección del presente trabajo, además del apoyo profesional y material que siempre me han brindado, lo cual ha enriquecido mi desarrollo académico.

*Al honorable Jurado:*

Dra. Ruth Cecilia Vanegas Pérez,  
Dr. Carlos Rosas Vázquez,  
Dr. Armando Adolfo Ortega Salas,  
M.C. Alejandro Ruíz López,  
M.C. Martha Rodríguez Gutiérrez

Por sus valiosas aportaciones, comentarios y sugerencias en la revisión de la presente.

Muy especialmente al Dr. Jesús Zendejas, de Ralston Purina de México, por la donación de las premezclas de vitaminas y minerales.

A la ANUIES a través del Programa Nacional de Superación del Personal Académico, por la beca otorgada para la realización de mis estudios de Maestría.

A mis compañeros del Laboratorio de Hidrobiología y Acuicultura por su amistad y colaboración, especialmente a Isela Molina Astudillo, Martha Soriano Salazar, Judith García Rodríguez y Roberto Trejo Albarrán.

A mis amigos: Ophir y Rocío, Eduardo y Migdalia.

# CONTENIDO

	PAGINAS
<b>I. RESUMEN</b>	
<b>II. INTRODUCCION</b>	1
<b>III. OBJETIVOS</b>	4
<b>IV. ANTECEDENTES</b>	5
<b>V. METODOLOGIA</b>	
1. Obtención de las crías.	10
2. Mantenimiento Experimental.	
Experimento I. Comparación de tres diferentes tipos de alimentos normalmente utilizados en el cultivo de la carpa dorada, <i>Carassius auratus</i> .	10
Experimento II. Efecto de las variaciones de proteína y de carbohidratos dietéticos sobre el crecimiento de carpa dorada, <i>C. auratus</i> .	13
3. Respuestas evaluadas para determinar el efecto de las dietas.	15
4. Análisis estadístico.	18
<b>VI. RESULTADOS</b>	
1. Experimento I.	19
2. Experimento II.	23
<b>VII. DISCUSION</b>	32
<b>VIII. CONCLUSIONES</b>	48
<b>IX. LITERATURA CITADA</b>	49

## I. RESUMEN

El alimento es el principal costo de operación en el cultivo de peces. Actualmente, se proporcionan alimentos a la carpa dorada sin estar basados en sus requerimientos nutricionales. En éste trabajo se determinó el efecto de la variación de proteína y de carbohidratos dietéticos en juveniles de *Carassius auratus*, a través de dos experimentos por separado, con un período de 60 días cada uno. En el primero, se utilizaron dietas comerciales y en el segundo, dietas purificadas isolipídicas con 108 y 324 peces de 200 a 240 mg., respectivamente, obtenidos de desoves en laboratorio. En la primera prueba se utilizó el diseño completamente aleatorizado, con tres repeticiones por tratamiento, y en la segunda, un diseño factorial 3 x 3 (3 para el factor energía y 3 para el factor proteína). Los parámetros registrados fueron: crecimiento, incremento relativo de biomasa, sobrevivencia, análisis bromatológicos corporales de las carpas y de los alimentos al inicio y final del estudio; además, en el segundo experimento se analizó el contenido calórico de las dietas y de las heces de los peces. En el primer experimento, la tasa específica de crecimiento (%/día) de los peces con *Daphnia pulex* registró los mejores resultados ( $P < 0.05$ ) y las marcas comerciales Purina y Wardley, no mostraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ). El mayor incremento relativo de biomasa se obtuvo en los peces alimentados con *D. pulex* ( $P < 0.05$ ), mientras que entre las dietas de las marcas comerciales Purina y Wardley, no se observaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ). No se presentó mortalidad en éste experimento. En el segundo experimento, el efecto de la proteína y la energía dietéticas produjeron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ). El peso final promedio más elevado se obtuvo con 50% de proteína y alta energía (3.65 kcal/g). La más baja sobrevivencia se registró a 30% de proteína a media y alta energía (3.41 kcal/g y 3.81 kcal/g, respectivamente). La tasa específica de crecimiento (%/día), presentó una mejor respuesta con 50% de proteína en todos sus niveles de energía, sin diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) con las dietas a 40% de proteína en todos sus contenidos de energía y a 30% de proteína pero con baja energía (2.81 kcal/g); en las dietas con 30% de proteína a media y alta energía se presentaron los valores más bajos ( $P < 0.05$ ). Al finalizar el experimento el análisis

químico proximal mostró una baja en la concentración de proteína corporal de las carpas en todos los tratamientos de los dos experimentos, con los resultados más bajos a 30% de proteína a media y alta energía, coincidiendo con un incremento notable en el contenido de grasa corporal de los peces en todas las dietas. El incremento relativo de biomasa de los peces en las dietas de 30% de proteína a media y alta energía, fue el menor ( $P < 0.05$ ), mientras que en las dietas a 40% y 50% de proteína no se observaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ). Los menores valores de energía digestible de los alimentos se registraron en las dietas con el menor contenido de proteína a media y alta energía y los valores más elevados a 40% de proteína en todos sus niveles de energía. Se concluye que el requerimiento de proteína de los juveniles de la carpa dorada es de 40% a 50%. El requerimiento de energía digestible calculado, se presentó a 3.41 kcal/g y 3.65 kcal/g y el requerimiento de carbohidratos de los juveniles osciló entre 21% y 25%.

## II. INTRODUCCION

La tendencia actual de la nutrición en acuicultura se ha encauzado a la reducción de los costos de los alimentos, principalmente a los ingredientes proteicos que son los componentes más importantes de los alimentos y que constituyen entre el 25 y 65% de la formulación (Mendoza, 1993). En este sentido, el desarrollo tecnológico se ha dirigido hacia la obtención de los rendimientos más altos y a las tasas de crecimiento más rápidas de los peces, estableciendo estrategias para fomentar los alimentos naturales o substituyéndolos con dietas elaboradas, de acuerdo a la fase del cultivo comercial (Lovell, 1991).

En la Acuicultura, los factores más importantes relacionados con la producción exitosa de especies acuáticas, son la disponibilidad y el costo del alimento, la adquisición de las crías y las labores de mantenimiento (Nash, 1991). El alimento es el principal costo de operación en la piscicultura, por lo que es necesaria una información precisa sobre los requerimientos nutricionales de los organismos para que se formulen y manufacturen alimentos para cada especie, de acuerdo a su estadio de desarrollo (Cowey, 1992). De tal manera que el manejo del alimento es relevante, debido a que su cantidad y calidad favorece la producción de los peces cultivados (Meade, 1989).

Para contribuir al impulso de la tecnología de los alimentos, la formulación de dietas debe incluir una fuente de energía, aminoácidos, ácidos grasos esenciales, vitaminas específicas, así como minerales para promover el crecimiento y la madurez gonádica de los peces (Halver, 1976; Moyle y Cech, 1988). Es por esto que los estudios relacionados con los requerimientos dietéticos de los peces, han demostrado la importancia de las proteínas, lípidos y carbohidratos (National Research Council, 1978), como substratos de oxidación para el crecimiento y la obtención de la energía por los organismos (Van Waversveld *et al.*, 1989).

Por otra parte, en el medio natural la carpa dorada consume pequeños invertebrados, semillas de plantas y fragmentos de materia orgánica; en ambientes de cultivo se utiliza alimento vivo como pulga de agua (*Daphnia*), larvas de mosquito y gusanos *tubifex* (Martínez *et al.*, 1988; Paczkowski, 1995). Referente a la pulga de agua, ésta se utiliza en la alimentación de diversas larvas y crías de peces, por su fácil y exitoso cultivo (De Pauw *et al.* 1981; Langis *et al.* 1988).

En México, en la mayoría de los cultivos de carpas se emplean rotíferos, cladóceros y hemípteros como dieta suplementaria (Ceballos y Velázquez, 1988). Referente a los alimentos balanceados, actualmente, se encuentran disponibles en diversas presentaciones pero excesivamente caros para utilizarse en un cultivo comercial (Andrews, 1987; Matsui y Axelrod, 1991).

Una de las actividades importantes en la acuicultura es el manejo de los alimentos balanceados. Hofer (1985), indicó que a pesar de que éstos son aceptados por la mayoría de los peces, producen bajas tasas de crecimiento y alta mortalidad cuando son suministrados como única fuente de alimento en las fases de cría y juvenil. Por consiguiente, la producción de larvas de carpa común, *Cyprinus carpio* y de carpa dorada, *Carassius auratus*, depende de la provisión de alimento vivo sólo o combinado con dietas peletizadas, para incrementar el crecimiento y la sobrevivencia de los organismos (Bryant y Matty, 1981).

Por lo anterior, la nutrición piscícola estudia los componentes de los alimentos que son necesarios para el crecimiento óptimo y reproducción de los peces. Los experimentos de laboratorio han identificado el tipo y las proporciones de las proteínas, carbohidratos y grasas requeridos por algunos organismos. Al respecto, los primeros trabajos se realizaron en salmónidos a través de pruebas empíricas con alimentos comerciales.

Actualmente, los alimentos balanceados para nuevas especies o para aquellas en que se desconocen sus requerimientos nutricionales se someten a pruebas, contrastando los resultados con alimentos comerciales y formulados en laboratorio (Smith, 1991).

Este es el caso de la carpa dorada, *C. auratus* a la cual se le alimenta en cultivo con una gran diversidad de alimentos artificiales que van desde los elaborados para bagre hasta los de pollo, desconociendo sus necesidades nutricionales de esta especie.

Para otros ciprínidos como la carpa común, se ha establecido un requerimiento de proteína de 31% a 38%, y de 41% a 43% para la carpa herbívora (National Research Council, 1993). Mientras que en el cultivo de la carpa dorada, el rango del nivel de proteína en los alimentos va de 26% a 50% (Lochmann y Phillips, 1994). Por otra parte, el nivel de carbohidratos dietéticos es de 30% a 40%, para carpa común y de 37% a 56% para la carpa herbívora (Wilson, 1994). Se espera en este estudio que la carpa dorada presente sus mejores crecimientos dentro de estos rangos, lo cual además, se verá reflejado en los indicadores bioquímicos y energéticos medidos.

Considerando lo anterior, se plantearon los siguientes objetivos:

### **III. OBJETIVOS**

#### **OBJETIVO GENERAL**

Determinar los efectos de las variaciones de proteínas, carbohidratos y lípidos de dietas comerciales y formuladas en los requerimientos nutricionales de los juveniles de la carpa dorada, *Carassius auratus*, en condiciones controladas.

#### **OBJETIVOS PARTICULARES**

1. Determinar en juveniles de carpa dorada los requerimientos nutricionales de proteínas y carbohidratos a partir del suministro de dietas comerciales y formuladas.

2. Analizar las relaciones entre la proteína y la energía dietéticas, variando los niveles de inclusión de los carbohidratos de las dietas formuladas, y su efecto sobre el crecimiento y la sobrevivencia de los peces.

3. Analizar el efecto de la energía digestible de los alimentos dietéticos sobre el crecimiento y la sobrevivencia de los juveniles de la carpa dorada.

#### IV. ANTECEDENTES

Los requerimientos nutricionales de los peces presentan, generalmente, una correlación alta entre los patrones de aminoácidos corporales y sus requerimientos dietéticos, salvo excepciones (National Research Council, 1993). En este sentido, Gatlin (1987), señala que éstos patrones aminoacídicos en las carpas *C. carpio* y *C. auratus* son muy similares, y pueden servir como índices en la formulación de sus dietas. Al respecto (Horváth *et al.*, 1992), menciona que en ambas especies se utilizan dietas similares.

La formulación de una dieta es un proceso complejo que involucra varios procedimientos, tales como la selección y proporción de los ingredientes que serán combinados para elaborar una mezcla que sea granulada, palatable, balanceada nutricionalmente, barata, fácil de almacenar, transportar y usar. Para fines de investigación, generalmente se formulán dietas purificadas, las cuales son dietas experimentales constituidas por ingredientes completamente refinados, y donde puede controlarse con precisión su contenido químico proximal (Halver, 1989).

En este sentido, la mayoría de los valores de requerimiento nutricional están basados en las variaciones de la relación proteína/energía (P/E), que permite cuantificar la proporción de proteína y energía disponible para las necesidades metabólicas de los organismos. Con esta tendencia, se han usado diferentes índices de energía metabolizable (Wilson, 1985), y se han propuesto diversas relaciones de proteína/energía para muchas especies (Cho y Kaushik, 1985), que han llevado a resultados diferentes en el rendimiento de los organismos cultivados.

Takeuchi *et al.* (1979 a), al respecto encontraron que el crecimiento y la utilización de proteína por las carpas, no fueron afectados por los contenidos de energía digestible de la dieta (a 32% de proteína) aún con un aumento en

carbohidratos y lípidos, considerando a éstos últimos fuentes adecuadas de energía dietética. Los reportes que tiene el National Research Council (1993), sobre la utilización de la energía como requerimiento básico para el desarrollo de los peces, consideran la necesidad de tomar en cuenta la concentración y el balance de las proteínas, lípidos y carbohidratos en pruebas dietéticas.

El aumento en los contenidos de lípidos o carbohidratos en los alimentos suele producir un efecto de ahorro de proteína, debido a lo cual las marcas comerciales incrementan las fuentes de energía no proteica (Boujard y Médele, 1994). Por otra parte, se ha encontrado que la relación proteína/energía (P/E) es más alta para peces carnívoros que para omnívoros o herbívoros; Takeuchi *et al* (1979 b), estimaron en carpa común mejores resultados de crecimiento con dietas conteniendo 31% de proteína, y una relación de P/E entre 97-116 mg/kcal.

Winfrey y Stickney (1981), obtuvieron en crías de *Tilapia aurea* de 2.5 g., mayor crecimiento cuando se alimentaron con una dieta de 56% de proteína y 4.6 kcal/g de energía digestible y con una relación P/E de 123 mg/kcal; al experimentar con peces más grandes de 7.5 g., observaron que crecieron más rápido cuando se les suministró alimento conteniendo 34% de proteína y 3.2 kcal/g en la dieta, con una relación de P/E de 108 mg/kcal, concluyendo los autores que la relación P/E disminuye con el incremento de la talla de los peces. Lee y Putnam (1973), usaron dietas purificadas para trucha arcoiris y relaciones de P/E de 73 a 162 mg/kcal; además notaron que en las dietas con las concentraciones más altas de proteína, ésta fue utilizada como una fuente de energía por los peces.

Sen *et al.*, (1978), observaron que las crías y juveniles de la carpa común crecieron óptimamente con una dieta de 45% de proteína (caseína) y 26% de carbohidratos (dextrina), con temperaturas del agua de 24 a 32°C, sin embargo, sugieren que bajo condiciones tropicales, un exceso de 45% de proteína, no se aprovecha por las carpas y por lo tanto, no es recomendable

En la nutrición de los peces, los carbohidratos son considerados de valor limitado y como una fuente de energía inmediata o de reserva almacenada como glicógeno en el hígado y músculo; alternativamente pueden actuar como una reserva de energía a largo plazo cuando son catabolizados a lípidos en el cuerpo (Tung y Shiau, 1991; Watanabe, 1990). Sin embargo, la capacidad para utilizar las diferentes fuentes de carbohidratos varía entre las especies (Lin *et al.*, 1997).

Con referencia a los lípidos, estos son considerados como fuentes importantes de energía para todos los peces; su contenido en las dietas es limitado por el procedimiento usado en la preparación de los alimentos, así como para la especie que se alimentará. Los peces omnívoros como la carpa común pueden utilizar efectivamente tanto lípidos como carbohidratos como fuentes de energía dietética (Watanabe, 1982). Por tal motivo, en la mayoría de los alimentos balanceados comerciales el contenido de lípidos varía entre el 4 al 18% (Hastings, 1976).

Por otra parte, Takeuchi *et al.*, (1979 a,b) han demostrado que tanto los carbohidratos como los lípidos son importantes fuentes de energía dietética para las carpas, con un nivel de proteína fija de 32%. Lochmann y Phillips (1994), en pruebas de alimentación con juveniles de *C. auratus*, encontraron los mejores resultados de crecimiento y aprovechamiento con dietas de 29% de proteína y 46% de dextrina

Sin embargo, Tacon (1987), de manera general recomienda para juveniles de peces omnívoros niveles de 37% de proteína, 40% de carbohidratos y un 7% de lípidos. La carpa dorada por sus hábitos alimentarios es considerada como omnívora (Lésel *et al.*, 1986 b), por lo que también podría cubrir sus necesidades nutricionales con los niveles enunciados anteriormente

De acuerdo a las investigaciones realizadas, aparentemente se han determinado en los peces los requerimientos de proteína, el balance

proteína/energía, así como de otros nutrimentos. No obstante, los diferentes resultados en las pruebas experimentales sobre sus efectos en los organismos, han dado lugar a nuevas interpretaciones y en consecuencia al fomento en la elaboración de los alimentos balanceados para la acuicultura, con la finalidad de mejorar la calidad de las dietas (Akiyama, 1993).

Por lo antes descrito, puede apreciarse que el principal problema para estudios comparativos de nutrición acuícola es la carencia de una estandarización con respecto a la cantidad y calidad de los alimentos, en relación a los pesos y edades de los organismos sometidos a prueba (Yamada, 1986). No obstante, de manera general los datos disponibles indican que hay una marcada homogeneidad en los requerimientos nutricionales de las diferentes especies (National Research Council, 1993). Asimismo, el propósito de las pruebas realizadas es que los conocimientos adquiridos y aplicados mejoren la productividad sostenida de peces cultivados (Kaushik, 1995).

Son muchos los factores que afectan los resultados de crecimiento de los organismos como la especie, edad, estado fisiológico, composición, calidad y proceso de la dieta, diseño y condiciones experimentales. Por ejemplo, la calidad del agua debe controlarse a niveles adecuados por su influencia sobre la ingesta y la utilización nutritiva de los alimentos por los peces (De la Higuera, 1987). Inclusive, etológicamente se presentan variaciones en los animales; Manteifel y Karelina (1996), probaron en la carpa dorada los efectos del alimento y las respuestas de los peces como quimiorrecepción nasal, aprendizaje, tiempo de retención e influencia de factores de motivación.

Los múltiples parámetros descritos y sus diversos efectos han ocasionado que en el cultivo de las carpas, la administración de balanceados, fertilizantes y forrajes muestren una variación marcada; a su vez se desconoce la eficiencia de cada uno de ellos por la falta de investigaciones y registros paralelos a la producción. Las tasas de alimentación, frecuencia y utilización se consideran

empíricamente o con base en bibliografía, lo que se refleja en la ineficacia o desperdicio de los alimentos, ocasionando en muchas ocasiones floraciones de fitoplancton, anoxia o enfermedades nutricionales (Martínez *et al.*, 1989).

Siguiendo la tendencia referida, los productores de carpa dorada en el Estado de Morelos, utilizan alimento de pollo para crecimiento de la marca Purina o bien de la marca "Silver Cup", harina de pescado mezclado con salvado de arroz y/o fertilización orgánica, como una alternativa inmediata por su fácil disponibilidad y precio, aunado a la ausencia de un alimento artificial para esta especie, que pueda emplearse en un cultivo comercial.

Por lo anterior, la Acuicultura en lo general debe superar problemas biotecnológicos, principalmente en la elaboración, uso y manejo de los alimentos (Kuri, 1991). Estos aspectos en lo particular son evidentes para la carpa dorada, asimismo, el aumento en la comprensión de la nutrición, acompañado con el mejoramiento de la manufactura tecnológica y técnicas de alimentación determinarán el desarrollo de ésta actividad (Goddard, 1996). Consecuentemente, la finalidad es optimizar el cultivo de la carpa dorada para que pueda ser rentable, por ejemplo, en Italia frecuentemente proporciona ganancias más altas que las obtenidas en la producción de la carpa común y el bagre (Melotti, 1986).

Las tecnologías avanzadas en algunas especies, motiva la necesidad de incorporar los métodos de cultivo más apropiados para otros organismos que se producen de manera limitada. Para el presente trabajo, se consideraron los alimentos comerciales utilizados por los productores regionales, por el desconocimiento de sus efectos reales en el crecimiento de los peces, además, se formularon dietas para determinar el efecto de las variaciones en sus composiciones sobre los requerimientos nutricionales de la carpa dorada que permitan aportar conocimientos para fortalecer ésta área de la acuicultura.

## V. METODOLOGÍA

### 1. Obtención de las crías.

Para tener un control apropiado de los lotes de peces que se utilizaron en los experimentos, primero se adquirió un lote de 100 juveniles de carpa dorada de la Granja de Peces de Ornato de Atlacomulco, Morelos. Estos organismos se mantuvieron hasta su madurez sexual para la selección de los reproductores, de los cuales a partir de los desoves se obtuvieron los juveniles empleados en este trabajo, que se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Hidrobiología y Acuicultura de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Las condiciones de reproducción, manejo y alimentación de los peces, en esta etapa se efectuaron de acuerdo a De la Higuera (1987) y Matsui y Axelrod (1991).

En el primer experimento se utilizaron 108 ejemplares de 25 días de edad, obtenidos a partir de un solo desove. En el segundo experimento, se emplearon 324 organismos de la misma procedencia. Para asegurar la aceptación de los alimentos por los peces, previo a los experimentos, se les suministró en sus primeras fases alimento vivo, pulga de agua (*Daphnia pulex*) y alimento balanceado para ciprínidos (Silver Cup) con un 38% de proteína y una granulometría de <0.6 mm (Dabrowski y Bardega, 1984)

### 2. Mantenimiento experimental

Experimento I. Comparación de tres diferentes tipos de alimentos normalmente utilizados en el cultivo de la carpa dorada, *Carassius auratus*.

El período experimental tuvo una duración de 60 días, del 21 de julio al 19 de septiembre de 1995. En éste experimento se utilizaron dietas comerciales de las marcas Purina, Wardley y un alimento vivo, *D. pulex*, cuya composición se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1 Composición química proximal de las dietas comerciales.

Composición (%)	Purina	Wardley	<i>D. pulex</i>
Proteína	22	35	52
Carbohidratos	50.5	40	19
Lípidos	2	2.2	9
Fibra	6	3	2
Cenizas	8	9	9
Humedad	12	9	7
Energía Digestible (kcal/g)*	3.1	3.2	3.6
Proteína/Energía (mg/kcal)*	70.9	109.4	144.4

\*Calculados de acuerdo a Nose (1979): 4 kcal/g para las proteínas y los carbohidratos y 9 kcal/g para los lípidos.

Por presentarse las mismas condiciones de laboratorio en los experimentos I y II, a continuación se indica el procedimiento seguido para ámbos; se emplearon organismos con un peso húmedo inicial promedio de 200-240 mg, pesados con una balanza digital (Ohaus E 1500 D). Los peces se colocaron en acuarios de 80 litros cada uno a una densidad de 12 carpas/pecera. Diariamente se llevó a cabo recambios parciales de agua de aproximadamente el 20 % en cada una de las peceras, para lo cual se utilizó agua almacenada en un tanque de fibra de vidrio con capacidad de 600 litros.

Al obtenerse el peso inicial promedio, se calculó la ración inicial del alimento al 7% de la biomasa total por pecera, dividida en dos raciones diarias las cuales se suministraron a las 9:00 y 15:00 horas; éste porcentaje se modificó durante el período experimental y se ajustó la proporción del alimento suministrado a los organismos; de tal manera al inicio y a los 15 días del experimento los animales se alimentaron al 7% de su peso corporal, proporción que disminuyó al 6% y 5%, a los 30 y 45 días, respectivamente de transcurrido el experimento (Tabla 2).

Tabla 2 Raciones alimenticias suministradas a juveniles de *Carassius auratus*.

Experimento	Dietas	Ración inicial	15 días	30 días	45 días
I		7%*	7%	6%	5%
	Purina	0.17	0.3	0.4	0.67
	Wardley	0.17	0.29	0.39	0.62
	<i>Daphnia pulex</i>	0.17	0.3	0.42	1.13

% en mg.

Respecto al suministro de *D. pulex* para los peces, se efectuaron pruebas de ajuste con la finalidad de uniformizar el peso húmedo del alimento vivo a peso seco, conociendo previamente el peso de los organismos para cada pecera. Se tomaron diferentes muestras de pulga de agua de peso húmedo conocido y se colocaron en una estufa a 30°C hasta un peso seco constante y así obtener la medida de alimento vivo correspondiente al peso seco del alimento de marca comercial.

De tal manera para la ración inicial correspondieron 14,783 pulgas/g de peso húmedo proporcionado; a los 15 días fue de 25,297 pulgas/g de peso húmedo, a los 30 días de 35,676 pulgas/g de peso húmedo y a partir de los 45 días hasta el final del estudio se suministraron 93,345 pulgas/g de peso húmedo (Tabla 3).

Tabla 3. Suministro de *D. pulex* (pulgas/g de peso húmedo) durante el estudio

Repetición	Ración inicial	15 días	30 días	45 días
1	14,748	25,290	35,693	93,353
2	14,851	25,246	35,543	93,298
3	14,750	25,355	35,792	93,384
Promedio	14,783	25,297	35,676	93,345

Durante las pruebas se siguió el método establecido por Andrews (1987) y Lochman y Phyllips (1994), que consistió en el mantenimiento de la temperatura del agua y la aireación constante, en los acuarios experimentales mediante el empleo de termostatos y bombas de aireación. La lectura diaria de la temperatura del agua y del pH se llevó a cabo, por medio de un termómetro con bulbo de mercurio (escala de -10 a 200 °C), y un potenciómetro marca Hanna, de manera directa en cada pecera a las 8:00 y las 18:00 horas.

La determinación del oxígeno disuelto en el agua y la alcalinidad se realizó con técnicas colorimétricas descritas por Boyd (1979), y se registraron semanalmente debido a las condiciones controladas de los dos experimentos en el Laboratorio y a la poca variación de los parámetros fisicoquímicos del agua.

Al final de los experimentos, los peces empleados fueron sacrificados y secados en una estufa Kinet a 60°C por 72 horas, para su posterior análisis químico proximal, con la finalidad de determinar el efecto de los alimentos y su incorporación corporal en los peces (Steffens, 1987). El análisis químico proximal de las carpas, así como de los alimentos utilizados en los dos experimentos se llevaron a cabo en el Centro Nacional de Servicios de Constatación en Salud Animal de acuerdo a los métodos 984.13 para proteína cruda (Kjeldahl); 920.39 para grasa cruda (extracto de ether); 962.09 para fibra cruda; 942.5 para cenizas (minerales); 930.15 para humedad y los carbohidratos se determinaron por diferencia, de acuerdo a la AOAC (1995).

*Experimento II. Efecto de las variaciones de proteína y de carbohidratos dietéticos sobre el crecimiento de la carpa dorada, C. auratus.*

Los resultados obtenidos en el trabajo anterior, determinaron que para el segundo experimento se formularan nueve dietas para la carpa dorada, para analizar sus efectos sobre el crecimiento de los peces. El período experimental fue de 60 días, del 21 de julio al 19 de septiembre de 1996. La elaboración de las dietas y la determinación del contenido calórico de éstas se realizaron en el Laboratorio de Ecofisiología de la Facultad de Ciencias de la UNAM.

El método que se utilizó para la elaboración de las dietas se basó en las técnicas empleadas por Gaxiola (1994), a partir del siguiente procedimiento:

- a) Se tamizaron los ingredientes secos, a tamaños de partícula <250 micrómetros.
- b) Se pesaron los componentes de la formulación, en una balanza digital Ohaus con una precisión de  $\pm 0.01$  g.
- c) Los ingredientes secos (caseína, gelatina, relleno de celulosa, ácido ascórbico y premezcla de vitaminas y minerales) fueron mezclados durante 15 minutos hasta su homogeneización, en una mezcladora modelo Kitchenaid.

- d) Se adicionaron los aceites y se continuó el mezclado 15 minutos más.
- e) Se pregelatinizó el almidón y el carboximetilcelulosa (C.M.C.) añadiendo agua destilada caliente.
- f) Se agregó el aglutinante y se continuó con el mezclado hasta la obtención de una pasta homogénea, por medio de la adición de agua destilada.
- g) La pasta o masa obtenida en el proceso anterior se extruyó con un molino de carne de 3 mm de abertura de matriz.
- h) Los pellets obtenidos fueron secados en estufas durante 8 horas a 60°C.
- i) El alimento utilizado se fraccionó y se tamizó de acuerdo a los tamaños de partícula requeridos por las crías de peces.
- j) Los pellets fueron almacenados en recipientes de unicel, en un lugar seco por el tiempo de duración del bioensayo.

La composición de las dietas elaboradas, se describe en la Tabla 4.

Tabla 4. Composición de las dietas para la carpa dorada, *Carassius auratus* (g/100 g de la dieta).

Ingredientes	T R A T A M I E N T O S								
	BE	ME	AE	BE	ME	AE	BE	ME	AE
Caseína	22.22	22.22	22.22	29.62	29.62	29.62	37.03	37.03	37.03
Gelatina	12.15	12.15	12.15	16.19	16.19	16.19	20.24	20.24	20.24
Almidón de maíz	20	35	45	15	25	34	7	14	21
Aceite H. Bacalao	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Aceite Vegetal	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Prem. de Vitaminas	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Prem. de Minerales	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Relleno de Celulosa	26.13	11.13	1.13	19.69	9.69	0.69	16.23	9.23	2.23
C.M.C.	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Ácido Ascórbico	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Proteína (%)	30	30	30	40	40	40	50	50	50
Carbohidratos (%)	20	35	45	15	25	35	7	14	21
Lípidos (%)	9	9	9	9	9	9	9	9	9
ED (kcal/g)*	2.81	3.41	3.81	3.01	3.41	3.81	3.09	3.37	3.65
P/E (mg/kcal)*	106.8	87.9	78.7	132.9	117.3	104.9	161.8	148.4	136.9

\* Calculados de acuerdo a Nose (1979): 4 kcal/g para las proteínas y carbohidratos y 9 kcal/g para los lípidos.

\*\* Premezcla de vitaminas y minerales formulada por Ralston Purina de México

BE= Baja energía, ME= Media energía; AE= Alta energía.

C.M.C. = Carboximetilcelulosa.

ED = Energía digestible.

P/E = Relación proteina/energía.

Similarmente al primer experimento, se calcularon las raciones de alimento que se suministraron a los peces durante el período experimental (Tabla 5).

Tabla 5 Raciones alimenticias suministradas a juveniles de carpa dorada

Proteína (%)	Nivel de Energía	Ración inicial 7%	15 días 7%	30 días 6%	45 días 5%
30	BE	0.19	0.27	0.40	0.46
30	ME	0.20	0.29	0.29	0.21
30	AE	0.21	0.29	0.31	0.20
40	BE	0.19	0.31	0.40	0.49
40	ME	0.20	0.31	0.45	0.56
40	AE	0.20	0.29	0.39	0.51
50	BE	0.21	0.32	0.47	0.46
50	ME	0.21	0.33	0.45	0.51
50	AE	0.21	0.27	0.44	0.60

\*% en mg.

El alimento remanente y las excretas se retiraron diariamente de manera separada de los acuarios por medio de un sifón con una manguera en cuyo extremo se instaló una malla de 50 micras para la retención. Posteriormente, se etiquetaron, se cubrieron con papel aluminio y se secaron en una estufa a 60°C por 72 horas, para su posterior análisis calórico.

### 3. Respuestas evaluadas para determinar el efecto de las dietas.

En ámbos experimentos se usaron los siguientes métodos para el análisis del crecimiento de los peces. El más directo para reportar el crecimiento es el peso ganado o crecimiento absoluto:

$$\text{Crecimiento absoluto o peso ganado} = W_f - W_i \quad (\text{Busacker et al., 1990}).$$

donde:  $W_i$  = peso húmedo inicial (mg).

$W_f$  = peso húmedo final (mg).

Asimismo, se determinó el crecimiento relativo en peso, también denominado como Porcentaje de Peso o Talla Ganada de los peces:

$$\text{Porcentaje de Peso Ganado} = \frac{W_f - W_i}{W_i} \times 100$$

donde:  $W_i$  = peso húmedo inicial (mg).  
 $W_f$  = peso húmedo final (mg).

Sin embargo, el porcentaje de peso ganado está restringido al tiempo para el cual fue ideado y no puede ser convertido fácilmente a cualquier período. Por esta razón es recomendada la tasa instantánea de crecimiento, que es una tasa exponencial que no tiene la limitación del tiempo (Hopkins, 1992).

La tasa instantánea de crecimiento de acuerdo a Ricker (1979), se denomina también tasa de crecimiento intrínseca, exponencial, logarítmica ó específica, esta última empleada en el presente trabajo:

Tasa Específica de Crecimiento (TEC) (%/día).

$$\text{TEC} = (\text{Log } n \text{ peso corporal final} - \text{Log } n \text{ peso corporal inicial}) (100)/\text{tiempo.}$$

donde, Log n = logaritmo natural

Asimismo, ya que el análisis de los datos del peso y longitud, permite evaluar la condición de los peces y asume que un pez más pesado con una longitud dada se encuentra en una mejor condición que aquéllos que presentan bajos resultados en éstos parámetros, siendo un buen indicador de su salud (Bolger y Connolly, 1989).

En el presente estudio, se estimó el factor de condición de Fulton ( $K_1$ ) de los peces (Ricker, 1975; Medina y Márquez, 1980), que compara individualmente a los peces de la misma especie, y asume que el crecimiento es isométrico. Además, el exponente 3 es considerado como un método de transformación de las dimensiones lineales de longitud a las dimensiones cúbicas apropiadas del peso de los organismos (Bolger y Connolly, 1989):

$$K_1 = W/L^3$$

donde:

W = Peso húmedo (mg).

L = longitud patrón (mm).

Se determinó el Incremento Relativo de Biomasa (IRB), la cual integra el crecimiento y sobrevivencia de los organismos durante el período de estudio (Díaz-Iglesia, 1991, citado por Gaxiola, 1994).

$$\text{IRB} = \frac{(Pf)(nf) - (Pi)(ni)}{(Pi)(ni)} (100)/t$$

donde:

IRB = Incremento Relativo de Biomasa (% d<sup>-1</sup>).

Pi = Peso húmedo inicial (mg).

Pf = Peso húmedo final (mg).

ni = número de organismos iniciales.

nf = número de organismos finales

t = tiempo.

Asimismo se calculó el factor de conversión alimenticia (FCA) para determinar los gramos de alimento consumido, por cada gramo de peso corporal ganado (Reay, 1979):

$$\text{FCA} = \text{alimento ingerido (mg peso seco)} / \text{peso húmedo ganado (mg)}.$$

Contenido calórico.

La determinación del contenido calórico de los alimentos elaborados y de las heces, sólo se realizó para el segundo experimento y se utilizó una bomba calorimétrica Parr, siguiendo el método propuesto por Phillips (1969). La determinación de la energía bruta de los alimentos se realizó con tres repeticiones por tratamiento. La Energía Digestible (ED), es la cantidad de energía disponible para el metabolismo y crecimiento de los peces, y se calculó restando de la energía bruta de los alimentos, la energía contenida de las heces (National Research Council, 1981).

Cabe señalar que, la energía digestible en peces de los experimentos I y II también se determinó por valores convencionales, en donde se consideraron los valores calóricos prácticos de los componentes de los alimentos, que reflejan el potencial de la energía fisiológica bajo condiciones ambientales óptimas; para los peces ésta es de 4 kcal/g para las proteínas y los carbohidratos, y 9 kcal/g para los lípidos (Hastings, 1976; Nose, 1979).

#### 4. Análisis estadístico.

En el experimento I, se determinó el efecto de las dietas comerciales Purina, Wardley y natural *Daphnia pulex* sobre el crecimiento de la carpa dorada, basado en un diseño completamente aleatorizado en el que se evaluaron tres repeticiones por dieta. Para determinar las diferencias entre los tratamientos se aplicó el ANDEVA de una vía (Zar, 1984).

En el experimento II, el análisis del efecto de las variaciones en las inclusiones de proteínas y carbohidratos se realizó a través de un diseño factorial 3 x 3 (3 para el factor energía y 3 para el factor proteínas). Se utilizó el ANDEVA multifactorial para valorar las interacciones energía/proteína de los tratamientos sobre el crecimiento de los peces y el análisis de rango múltiple de Duncan para las interacciones entre el IRB de la carpa dorada con los tratamientos.

Los porcentajes de sobrevivencia fueron transformados a arcoseno y se les aplicó el ANDEVA de una sola vía (Zar, 1984). Para el análisis de los resultados de los experimentos I y II, se utilizaron los paquetes estadísticos Statgraphics versión 5 y Estatística versión 4.5. Las pruebas estadísticas se utilizaron con una probabilidad de 0.05.

## VI. RESULTADOS

Experimento I. Efecto de tres alimentos comerciales utilizados en el crecimiento de juveniles de carpa dorada, *Carassius auratus*.

La calidad del agua de los acuarios en los dos experimentos fluctuó dentro de los intervalos adecuados para el crecimiento de las carpas (Lochmann y Phyllips, 1994), la temperatura del agua se mantuvo en  $24 \pm 1^\circ\text{C}$ , Debido a la aireación constante y por los recambios diarios de agua en las peceras el oxígeno disuelto en el agua se mantuvo en  $5.0 \pm 1.0$  mg/l, la alcalinidad en  $41 \pm 5$  mg/l, y el pH del agua osciló entre 7 y 7.3

Los tres alimentos probados ejercieron un efecto significativo sobre el peso final de los juveniles de *C. auratus* ( $P < 0.05$ ). Al término del ensayo, los mayores pesos promedio se obtuvieron en los peces alimentados con *Daphnia pulex*, con los alimentos artificiales Purina y Wardley no se observaron diferencias significativas ( $P > 0.5$ ) (Tabla 6). El porcentaje de ganancia en peso de los peces con los alimentos estudiados fue significativo ( $P < 0.05$ ); el mayor crecimiento relativo ( $P < 0.05$ ) se presentó con el alimento vivo, en tanto que con los alimentos de marcas comerciales no observaron diferencias significativas entre ellos ( $P > 0.05$ )

Tabla 6 Pesos (mg) y longitudes (mm) iniciales, finales y ganados de los peces.

Registro	DIETAS		
	Purina	Wardley	<i>D. pulex</i>
Peso inicial n = 36	200 + 0 03	200 + 0 03	200 + 0 03
Peso final n = 36	1458 + 0.25	1389 + 0 24	2931 + 0.7
% ganancia en peso	629	595	1366
Longitud patrón inicial	16 + 0 27	16 + 0 27	15 + 0.25
Longitud patrón final	23 61 + 0.39	22 75 + 0.38	30.69 + 0 51
% ganancia en longitud	48	42	105
% sobrevivencia	100	100	100

Se incluyen valores promedio +ES  
n = número de organismos.

El incremento en peso en el tiempo señala que a partir del día 30 del experimento, los juveniles de *C. auratus* alimentados con la *Daphnia* obtuvieron mejores crecimientos que los dos alimentos artificiales probados (Fig. 1). Esto se reflejó claramente en la tasa de crecimiento. A los 30, 45 y 60 días, el incremento en peso de *C. auratus* alimentado con *Daphnia* fue de 1347, 1892 y 2931 mg mayor que el registrado con las dietas comerciales Purina y Wardley. Al final del experimento, el crecimiento relativo de los peces alimentados con *Daphnia* fue de 1366%, significativamente mayor ( $P<0.05$ ) que el registrado en los peces alimentados con Purina y Wardley, de 629 y 595%, respectivamente.

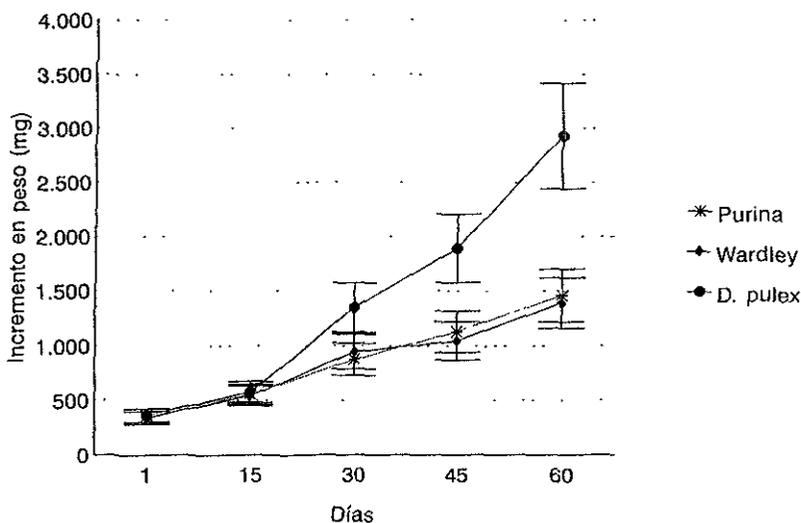


Fig. 1. Peso húmedo (mg) promedio de la carpa dorada, *C. auratus* durante el período experimental. Se señalan valores promedio  $\pm$ ES.

La tasa específica de crecimiento de la carpa dorada más elevada (Fig. 2), se registró con el alimento vivo ( $P<0.05$ ) con valores de 4.38 mg/día; entre las dietas de marcas comerciales Purina y Wardley, los valores fueron de 3.23 y 2.97 mg/día, respectivamente, no se observaron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) entre ellos.

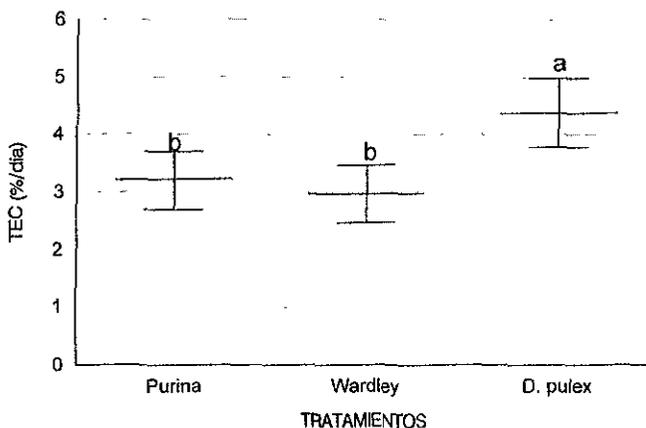


Fig. 2. Tasa Específica de Crecimiento (TEC) de la carpa dorada. Letras distintas indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

En cuanto a la longitud, al igual que con los pesos, los peces alimentados con *D. pulex* obtuvieron un incremento significativamente mayor que los otros dos tratamientos ( $P < 0.05$ ). Ese incremento en longitud fue de más del 260%, respecto a los incrementos en longitud obtenidos en los juveniles alimentados con las dietas comerciales artificiales. Cabe señalar que en los tres tratamientos experimentales se obtuvo un 100% de sobrevivencia de los juveniles de carpa dorada (Tabla 6).

La relación entre el peso y la longitud de los peces a través del factor de condición no fue afectada significativamente por los tres alimentos ( $P > 0.05$ ), aunque fue ligeramente menor el valor obtenido para los juveniles alimentados con la *D. pulex* (Tabla 7).

Tabla 7. Factor de Condición ( $K_1 = WL^3$ ) de la carpa dorada, *C. auratus*.

Repetición	Tratamientos		
	Purina	Wardley	<i>D. pulex</i>
1	0.12±0.03	0.13±0.04	0.09±0.03
2	0.10±0.03	0.12±0.03	0.11±0.03
3	0.12±0.02	0.12±0.03	0.10±0.02
Promedio	0.11±0.03	0.12±0.03	0.10±0.03

Se incluyen valores promedio ±ES.

El mayor Incremento Relativo de Biomasa (IRB) se obtuvo en los juveniles alimentados con la *D. pulex* ( $P < 0.05$ ), el cual fue dos veces mayor que el observado con las dietas comerciales; entre estos, no se observaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) (Tabla 8).

Tabla 8. Incremento Relativo de Biomasa (%/día<sup>-1</sup>) de las carpas.

Repetición	Tratamientos		
	Purina	Wardley	<i>D. pulex</i>
1	10.19 + 1.70	9.27 + 1.55	23.72 + 3.95
2	9.56 + 1.60	9.74 + 1.62	24.13 + 4.02
3	11.69 + 1.95	10.71 + 1.78	20.42 + 3.40
Promedio	10.48 + 1.75	9.91 + 1.65	22.76 + 3.79

Se incluyen valores promedio ± ES

La mejor conversión del alimento fue obtenida con la dieta de *D. pulex*, de 1.28:1; entre los otros dos tratamientos no se observaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ). Cabe señalar que, tanto con el alimento Purina, como con el alimento Wardley el factor de conversión del alimento se duplicó (Tabla 9).

Tabla 9. Factor de Conversión Alimenticia (mg/mg) de los juveniles de la carpa dorada

Repeticiones	Tratamientos		
	Purina	Wardley	<i>D. pulex</i>
1	1.83:1 + 0.31	2.51: 1 + 0.42	1.23: 1 + 0.21
2	2.14:1 + 0.36	2.25: 1 + 0.37	1.36: 1 + 0.23
3	1.83: 1 + 0.31	2.11: 1 + 0.35	1.25: 1 + 0.21
Promedio	1.94. 1 + 0.32	2.29. 1 + 0.38	1.28: 1 + 0.21

Se indican valores promedio ±ES.

El análisis químico proximal de las carpas se describe en la Tabla 10:

Tabla 10. Análisis bromatológico corporal de los peces al inicio y final\* del experimento.

PARÁMETRO (%)	PURINA		WARDLEY		<i>D. pulex</i>	
	inicial	final	inicial	final	inicial	final
Proteína cruda	46.88 +7.8	43.47 +7.2	47.89 +7.9	43.47 +7.2	47.5 +7.9	44.26 +7.4
Carbohidratos	7.78 +1.3	10.6 +1.7	7.3 +1.2	10.6 +1.7	7.41 +1.2	10.97 +1.8
Grasa cruda	19.95 +3.3	31.52 +5.2	20.82 +3.5	31.41 +5.2	21.02 +3.5	30.62 +5.1
Cenizas	17.78 +2.9	10.56 +1.7	16.38 +2.7	10.13 +1.7	16.57 +2.8	9.95 +1.7
Humedad	7.61 +1.3	4.06 +0.7	7.61 +1.3	4.93 +0.8	7.5 +1.2	4.2 +0.7

Se incluyen valores promedio ±ES.

\* El análisis químico proximal final se realizó al total de organismos de cada tratamiento

Se puede observar una disminución de la proteína cruda corporal de los peces que iniciaron respecto a los que finalizaron el período experimental de 7.3, 9.2 y 6.8% de los tratamientos de Purina, Wardley y *D. pulex*, respectivamente. Sin embargo, los carbohidratos corporales aumentaron al final del estudio en 27.5, 31.1 y 32.4% para Purina, Wardley y *D. pulex*, respectivamente. Similarmente, la grasa cruda se incrementó en 36.7, 33.7 y 31.3% para Purina, Wardley y *D. pulex*, respectivamente. Respecto a las cenizas y la humedad corporal, éstas disminuyeron de manera análoga entre los peces sometidos a las dietas.

Experimento II. Efecto de las variaciones de proteína, carbohidratos y energía dietéticas sobre el crecimiento y sobrevivencia de la carpa dorada.

Los pesos promedio de los organismos a través del tiempo, muestran un incremento similar en los primeros 15 días; a partir de los 30 días empieza a diferenciarse el efecto de las dietas sobre el crecimiento de los peces, en tanto que a los 45 días se evidencian las variaciones entre los tratamientos ( $P < 0.05$ ) tendencia que continúa hasta el final del período de estudio (Fig. 3).

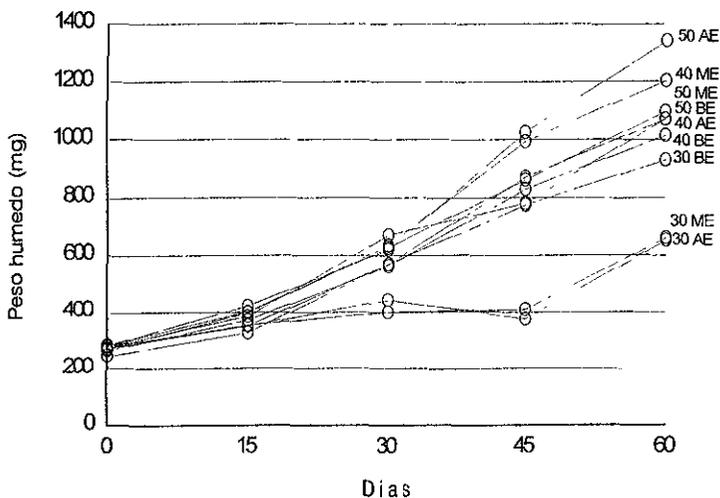


Fig. 3. Efecto de diferentes niveles de proteína (30, 40 y 50%) y energía (baja BE, media ME y alta AE) en el peso húmedo de la carpa dorada durante el período de estudio.

Al término de los bioensayos, los mejores pesos finales fueron obtenidos con las carpas alimentadas con 50% de proteína y alta energía (3.65 kcal/g), y no fueron significativamente diferentes ( $P>0.05$ ) de los peces alimentados con el mismo nivel de proteína a niveles de baja y media energía (BE, ME) y de los peces alimentados con 40% de proteína en todos los niveles de energía. Por otra parte, el mismo comportamiento ocurrió con la longitud patrón de las carpas durante el experimento (Tabla 11).

Tabla 11. Peso húmedo (mg) inicial (i), final (f) y ganado y long. patrón (LP mm) de los peces

Proteína (%)	Energía	Peso i	Peso f	%Peso g	L.P. inicial	L.P. final	%L.P.g.
30	BE	220±0.04	908.3±0.15 <sup>b</sup>	313±0.05	16.11±0.27	23.7±0.39 <sup>b</sup>	47±0.78
	ME	237±0.04	433.3±0.09 <sup>c</sup>	82±0.02	16.38±0.27	19±0.41 <sup>c</sup>	16±0.35
	AE	247±0.04	586.3±0.11 <sup>c</sup>	138±0.03	16.4±0.27	19.23±0.38 <sup>c</sup>	17±0.19
40	BE	233±0.04	1014.7±0.17 <sup>ab</sup>	334±0.05	16.16±0.27	24.02±0.4 <sup>ab</sup>	49±0.82
	ME	237±0.04	1207.7±0.21 <sup>a</sup>	411±0.07	16.44±0.27	26.01±0.45 <sup>a</sup>	58±0.99
	AE	237±0.04	1022±0.17 <sup>ab</sup>	332±0.05	16.33±0.27	24.33±0.4 <sup>ab</sup>	49±0.82
50	BE	243±0.04	1070.3±0.18 <sup>ab</sup>	337±0.06	16.61±0.27	24.83±0.42 <sup>ab</sup>	49±0.83
	ME	240±0.04	1091.7±0.19 <sup>ab</sup>	341±0.06	15.78±0.26	24.56±0.42 <sup>ab</sup>	56±0.96
	AE	243±0.04	1337±0.22 <sup>a</sup>	447±0.08	15.83±0.26	26.23±0.44 <sup>a</sup>	66±1.1

\*Superíndices distintos en la misma columna indican diferencias significativas ( $P<0.05$ )

BE = Baja energía, ME = Media energía, AE = Alta energía g = ganado

Por lo anterior, puede apreciarse que el efecto de la proteína y la energía dietéticas produjeron diferencias significativas y una fuerte interacción en los pesos finales promedio de los juveniles de carpa dorada ( $P<0.05$ ). Cabe señalar que en los tratamientos con la proporción de 30% de proteína en la dieta a media y alta energía se observaron los resultados más bajos, los cuales fueron significativamente diferentes de los demás tratamientos ( $P<0.05$ ) (Fig. 4).

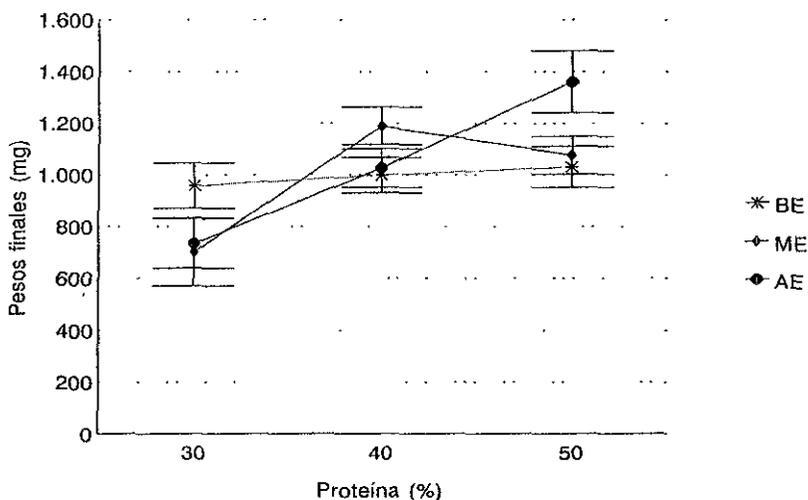


Fig. 4. Pesos finales (mg) de la carpa dorada alimentadas a diferentes concentraciones de proteína (30, 40 y 50%) y energía (baja BE; media ME y alta energía AE) Se señalan valores promedio  $\pm$  ES.

La Tasa Específica de Crecimiento de los peces fue afectada por la proteína y energía dietéticas. Los mejores valores se obtuvieron con 50% de proteína y alta energía, sin presentar diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) con las dietas a 40% de proteína en todos sus niveles de energía, aún con el tratamiento de 30% de proteína pero con baja energía (Tabla 12).

Tabla 12. Tasa Específica de crecimiento (TEC) de las carpas.

Proteína (%)	Energía	Repeticiones	TEC (%/día)
30	BE	3	2.23 + 0.37 <sup>ab</sup>
	ME	3	1.53 + 0.33 <sup>b</sup>
	AE	3	1.58 + 0.31 <sup>b</sup>
40	BE	3	2.27 + 0.38 <sup>ab</sup>
	ME	3	2.63 + 0.45 <sup>a</sup>
	AE	3	2.33 + 0.39 <sup>ab</sup>
50	BE	3	2.57 + 0.43 <sup>ab</sup>
	ME	3	2.36 + 0.41 <sup>ab</sup>
	AE	3	2.68 + 0.45 <sup>a</sup>

\*Superíndices distintos en la misma columna indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

Con referencia a los peces que fueron sometidos al tratamiento de 30% de proteína a media y alta energía, se observaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ), asimismo, exhibieron un pobre crecimiento (Fig. 5).

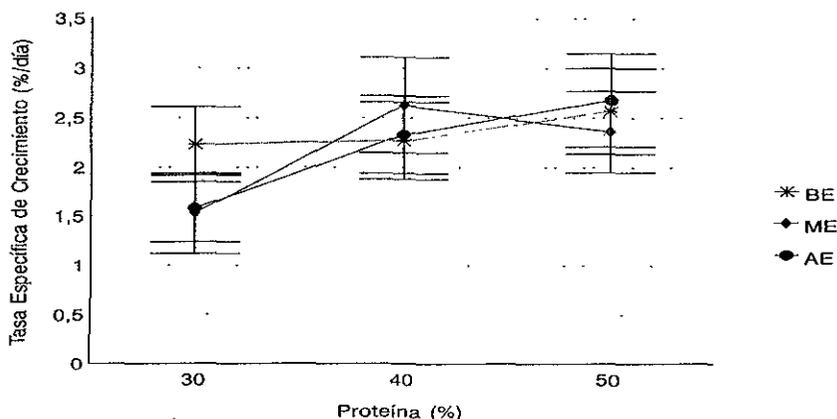


Fig. 5 Efecto de la Tasa Específica de Crecimiento (mg/día) de la carpa dorada. Se indican valores promedio  $\pm$  ES.

El ANDEVA multifactorial mostró que la relación peso-longitud a través del factor de condición  $K_1$  de los peces solamente fue afectado por el contenido de proteína dietética ( $P < 0.05$ ) y no existió una interacción significativa entre la proteína y la energía de las dietas.

El mejor factor de condición se obtuvo con los tratamientos de 50% de proteína a media energía y no fue diferente significativamente en sus niveles de baja y alta energía, así como del tratamiento de 40% de proteína en todos sus niveles de energía y de 30% de proteína a alta energía ( $P > 0.05$ ); el menor factor de condición se obtuvo a 30% de proteína a baja y media energía (Fig. 6), y fue significativamente menor que el obtenido en las demás condiciones experimentales ( $P < 0.05$ ).

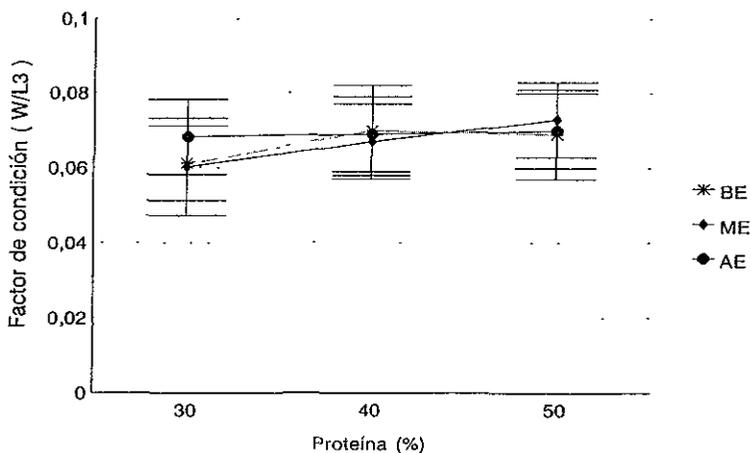


Fig. 6. Factor de condición (W/L<sup>3</sup>) de *Carassius auratus* Promedio  $\pm$ ES.

La sobrevivencia de los juveniles de carpa dorada fue afectada por la proteína y energía dietéticas de los tratamientos (Tabla 13). Los resultados más bajos se encontraron con el tratamiento de 30% de proteína a media y alta energía ( $P < 0.05$ ) con sobrevivencias de 58 y 72%, respectivamente; en los demás tratamientos no se observaron diferencias significativas con sobrevivencias mayores del 94% ( $P > 0.05$ ).

Tabla 13. Sobrevivencia de los juveniles de carpa dorada, *C. auratus*

Proteína	Energía	Repeticiones	Sobrevivencia (%)	(n)
30	BE	3	100 $\pm$ 0.17 <sup>a</sup>	36
	ME	3	58 $\pm$ 0.13 <sup>c</sup>	21
	AE	3	72 $\pm$ 0.14 <sup>b</sup>	26
40	BE	3	100 $\pm$ 0.17 <sup>a</sup>	36
	ME	3	94 $\pm$ 0.16 <sup>ab</sup>	34
	AE	3	100 $\pm$ 0.17 <sup>a</sup>	36
50	BE	3	97 $\pm$ 0.16 <sup>ab</sup>	35
	ME	3	94 $\pm$ 0.16 <sup>ab</sup>	34
	AE	3	97 $\pm$ 0.16 <sup>ab</sup>	35

n = número de organismos sobrevivientes.

Superíndices distintos en la misma columna indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

Los resultados del Incremento Relativo de Biomasa (IRB) de los juveniles de carpa dorada, indicaron que los mayores valores del IRB se observaron en los peces sometidos a la dieta con 50% de proteína y alta energía, y fueron similares a los obtenidos en sus niveles de media y baja energía, así como con las dietas de 40% de proteína en todos los niveles de energía.

Los anteriores valores, fueron significativamente mayores ( $P < 0.05$ ) que los obtenidos en los tratamientos de 30% de proteína con alta y media energía, en los cuales se observaron los menores valores del IRB de los peces. Entre estos últimos tratamientos no se observaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ). El IRB de los peces se describe en la Tabla 14:

Tabla 14. Análisis de rango múltiple para el IRB (% día<sup>-1</sup>)

Método. Duncan (con un 95% de nivel de confianza).			
Proteína (%)	Energía	Repeticiones	Promedio
30	BE	3	5.22 + 0.88 <sup>b</sup>
30	ME	3	0.3 + 0.08 <sup>c</sup>
30	AE	3	1.12 + 0.24 <sup>c</sup>
40	BE	3	5.58 + 0.93 <sup>ab</sup>
40	ME	3	6.34 + 1.16 <sup>ab</sup>
40	AE	3	5.55 + 0.94 <sup>ab</sup>
50	BE	3	5.45 + 0.92 <sup>ab</sup>
50	ME	3	5.31 + 0.91 <sup>ab</sup>
50	AE	3	7.25 + 1.26 <sup>a</sup>

\*Superíndices distintos en la misma columna indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

En relación al Factor de Conversión Alimenticia de los peces (FCA), el valor más alto se encontró con el tratamiento de 30% de proteína a media energía y fue significativamente mayor ( $P < 0.05$ ) que los obtenidos a baja y alta energía (Tabla 15).

Tabla 15. Factor de conversión alimenticia (FCA) de las carpas

Proteína	Energía	Repeticiones	FCA (mg/mg)
30	BE	3	1.8 + 0.30 <sup>ab</sup>
	ME	3	6.3 + 1.37 <sup>c</sup>
	AE	3	3.3 + 0.65 <sup>b</sup>
40	BE	3	1.7 + 0.28 <sup>ab</sup>
	ME	3	1.7 + 0.29 <sup>ab</sup>
	AE	3	1.7 + 0.28 <sup>ab</sup>
50	BE	3	1.7 + 0.29 <sup>ab</sup>
	ME	3	1.9 + 0.33 <sup>ab</sup>
	AE	3	1.5 + 0.25 <sup>a</sup>

\*Superíndices distintos en la misma columna indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

Los peces de los tratamientos de 40 y 50% de proteína en todos sus niveles presentaron las mejores conversiones de alimento, así como a 30% de proteína a baja energía con los menores valores, sin observarse diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre los grupos (Fig. 7).

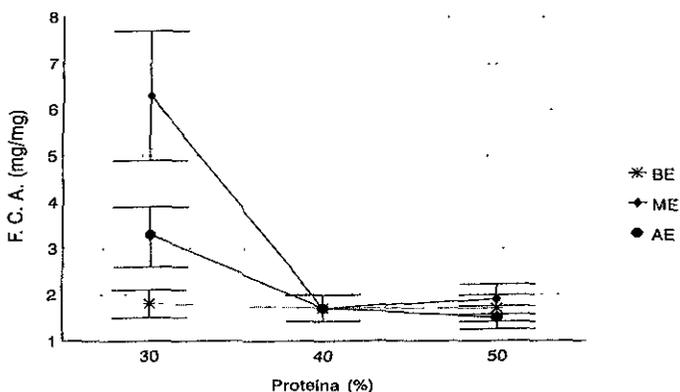


Fig 7 Factor de conversión alimenticia (F.C.A.) de las carpas. Promedio  $\pm$ ES

El análisis químico proximal de los alimentos después de su elaboración, con respecto al contenido de proteína difirió relativamente a los formulados; los carbohidratos variaron de los calculados, sin embargo, se conservaron de manera general las relaciones de baja, media y alta energía.

Los contenidos de lípidos fueron menores a los formulados inicialmente, que fueron considerados como isolipídicos (al 9%), *sin embargo, la energía digestible de los alimentos después de su elaboración fue similar a la calculada inicialmente, guardando las relaciones de baja, media y alta energía (Tabla 16).*

Tabla 16. Análisis bromatológico de los alimentos después de su elaboración

Proteína (%) formulada	Proteína (%) analizada	ED © (Kcal/g)	ED (a) (Kcal/g)	C (%)	Grasa (%)	Fibra (%)	Cenizas (%)	Humedad (%)
30 BE	31.67	2.81	3.08	35.28	4.48	17.34	3.6	7.63
ME	32.32	3.41	3.34	44.04	3.15	8.02	3.55	8.92
AE	33.01	3.81	3.56	48.91	3.12	1.95	3.66	9.35
40 BE	40.88	3.01	3.11	32.18	2.09	12.98	3.6	8.27
ME	41.65	3.41	3.33	35.84	2.56	7.65	3.89	8.41
AE	43.02	3.81	3.51	40.23	1.98	2.18	3.67	8.92
50 BE	51.98	3.09	3.35	23.35	3.76	8.58	4.03	8.3
ME	51.95	3.37	3.37	24.8	3.31	7.25	4.07	8.62
AE	51.93	3.65	3.51	28.17	3.45	3.38	3.98	9.09

BE, ME, AE = baja, media y alta energía.

ED © = energía digestible calculada      ED (a) = analizada.

C = carbohidratos.

En relación al análisis químico proximal efectuado a los peces, la concentración de proteína corporal de las carpas al final del experimento presentó una disminución de 25%, 19.5% y 13%, respecto a los niveles proteicos iniciales de 30%, 40% y 50% de proteína, respectivamente. Los lípidos se incrementaron en más de un 200% en los peces de todos los tratamientos.

El contenido corporal de carbohidratos al final del período de estudio se incrementó en un 218%, 157% y 143% para los tratamientos de 30%, 40% y 50% de proteína en todos los niveles de energía, respectivamente. Los tratamientos del 40% de proteína a media energía y del 50% de proteína en alta energía, presentaron resultados similares en los contenidos de proteína, lípidos y carbohidratos corporales.

Los resultados obtenidos al inicio y final del experimento, se muestran en la Tabla 17:

Tabla 17 Análisis bromatológico corporal de los peces al inicio y final del período de estudio.

	Proteína (%)	Grasa (%)	Carbohidratos (%)
	Inicial 64.49	Inicial 10.83	Inicial 4.41
Tratamiento	Final	Final	Final
30 BE	50.26 + 0.08	28.8 + 0.05	9.4 + 0.01
ME	47.39 + 0.10	22.35 + 0.05	9.45 + 0.02
AE	46.42 + 0.09	23.89 + 0.05	9.95 + 0.02
40 BE	50.59 + 0.08	29.19 + 0.05	7.77 + 0.01
ME	54.36 + 0.09	26.24 + 0.04	6.58 + 0.01
AE	50.79 + 0.08	29.78 + 0.05	6.47 + 0.01
50 BE	55.88 + 0.09	23.83 + 0.04	5.4 + 0.001
ME	55.41 + 0.09	23.07 + 0.04	7.47 + 0.01
AE	54.51 + 0.09	26.49 + 0.04	6.1 + 0.01

El contenido de energía bruta de los alimentos variaron ligeramente entre los tratamientos, originado por la composición de cada una de las dietas, por consiguiente, la energía de las heces se mostró de manera proporcional al contenido de energía bruta.

La energía digestible obtenida a partir de las determinaciones en laboratorio resultaron ser mayores a los calculados inicialmente, sin embargo, es importante considerar que estos resultados pueden ser afectados por factores como las técnicas usadas para el análisis de cada componente, de su estado químico y de la calidad de las sustancias empleadas para las determinaciones de cada parámetro (Tabla 18).

Tabla 18. Resultados calóricos de alimentos, heces y energía digestible

Tratamiento	E. B. (cal/g).	Heces (cal/g)	E. D. (cal/g)	(%) E D de la E.B
30 BE (281*)	4247.89 + 0.24	3851.72 + 0.64	396.17 + 0.06	9.3
ME (341)	4268.14 + 0.25	3924.89 + 0.85	343.25 + 0.07	8
AE (381)	4224.44 + 0.24	3787.91 + 0.74	436.53 + 0.08	10.3
40 BE (301)	4235.5 + 0.24	3699.21 + 0.62	536.29 + 0.09	12.7
ME (341)	4328.94 + 0.25	3643.34 + 0.63	685.6 + 0.12	15.8
AE (381)	4044.89 + 0.23	3079.63 + 0.51	965.26 + 0.16	23.9
50 BE (309)	4145.08 + 0.24	3570.52 + 0.60	574.56 + 0.10	13.9
ME (337)	4334.5 + 0.25	3866.35 + 0.67	468.15 + 0.08	10.8
AE (365)	4484.83 + 0.26	3844.94 + 0.65	639.89 + 0.11	14.3

Se indican valores promedio + ES.

\*Energía digestible (cal/g) calculada.

E. B. = energía bruta determinada de los alimentos

E. D. = energía digestible determinada

Los porcentajes de energía digestible de la energía bruta de los alimentos mayores fueron a 40% de proteína a alta y media energía, lo cual es un indicador del aprovechamiento favorable de estas dietas por parte de los peces. Los resultados más bajos fueron a 30% de proteína, sobre todo a media energía. El nivel proteico del 50% y todos sus niveles de energía se mostraron con valores intermedios entre los otros niveles de proteína.

## VII. DISCUSIÓN

El crecimiento de los peces, su composición corporal y conversión alimenticia varían con la especie, la genética, sexo, edad, la calidad de las dietas, contenido de energía, biodisponibilidad de cada nutriente, y las condiciones ambientales, etc., propiciando que se presenten diferentes requerimientos nutricionales (Watanabe, 1990). Estos requerimientos en los ciprínidos demandan que cada grupo de los componentes básicos, ya sean de origen orgánico o inorgánico se incluyan apropiadamente en la elaboración de los alimentos, puesto que son importantes en la nutrición de los organismos (Lin y Peter, 1991).

Las dietas comerciales que se utilizaron en el primer experimento, se constituían de harinas de pescado, de camarón, de cangrejo, cereales molidos, combinación de pastas oleaginosas, aceite de pescado, alimento vivo, etc., así como de su palatabilidad lo cual permitió el consumo completo de las dietas por parte de los peces. Este comportamiento puede ser debido principalmente a la composición químico proximal de las dietas comerciales cuya composición provino de diferentes fuentes.

Por otra parte, las dietas purificadas utilizadas en el segundo experimento, presentaron una composición diferente acorde a los objetivos planteados en el estudio, por lo tanto no es posible realizar una comparación entre los dos experimentos, pero sí se puede analizar el efecto de los diferentes tratamientos utilizados sobre la carpa dorada.

Los diversos trabajos realizados, se han caracterizado por variaciones en las relaciones P/E con determinados efectos en los peces, de acuerdo a los objetivos de cada investigador. En el primer experimento, el tratamiento con *D. pulex*, mostró la relación más alta de P/E (144.4 mg/kcal), y los mejores resultados de crecimiento, sin embargo, por ser un alimento vivo, no presentó un balance P/E como en las dietas balanceadas (70.9 y 109.4 mg/kcal, Purina y Wardley, respectivamente), debido a que la calidad de las fuentes de energía fue distinta, es decir, las dietas formuladas comercialmente no estaban balanceadas con respecto a *Daphnia*, puesto que mostraron un efecto menos notable en el crecimiento de los juveniles de carpa dorada.

La determinación del contenido de energía digestible, se considera como uno de los factores más importantes que regulan la respuesta del apetito en los peces (Alanärä, 1994). El tratamiento con alimento vivo en la cual se obtuvo la mayor energía digestible calculada coincidió con el argumento anterior, puesto que favoreció ampliamente el crecimiento de los juveniles de carpa dorada. En este sentido, el cálculo de la energía digestible es un adecuado indicador indirecto de la eficiencia de asimilación de los peces.

Los peces sometidos al alimento de la marca Purina para pollos, no presentaron diferencias significativas en el crecimiento, comparado con los que se trataron con la marca Wardley para carpa dorada que contenía un 13% más proteína; sin embargo, la concentración de carbohidratos 10.5% más alta en la marca Purina compensó posiblemente la diferencia en los contenidos de proteína

entre las dos marcas, lo que finalmente originó que coincidieran con la misma energía digestible y redituara en resultados de crecimiento similares.

Lo anterior, indica que la relativa utilización de carbohidratos dietéticos por los peces fluctuó, lo que parece estar relacionado a la complejidad (fuente o tipo) de los mismos (Wilson, 1994). Similarmente, los lípidos son importantes fuentes de energía y de ácidos grasos esenciales los cuales son necesarios para el crecimiento y desarrollo normal de los peces. La calidad de los lípidos se evalúa en razón de la composición de los ácidos grasos esenciales; en particular, las carpas necesitan los ácidos linoléicos y linolénicos que son obtenidos de los alimentos (Lin y Peter, 1991).

Por otra parte, Ogino (1963), registró valores para la grasa cruda de 10.7%, en sus estudios sobre la composición química de la *Daphnia sp.*, este valor fue similar al encontrado en el presente trabajo (9%), asimismo, fue de mayor contenido en relación a las dietas de las marcas Purina y Wardley (2 y 2.2%, respectivamente). Las concentraciones de lípidos en los tratamientos de las marcas comerciales estuvieron por debajo del nivel propuesto para peces omnívoros (Tacon, 1987) y solamente el contenido de lípidos del alimento vivo se encontró en la concentración recomendada.

El crecimiento se ha medido con alimentos balanceados y su efecto sobre los peces en los primeros trabajos se usó como único criterio de interpretación; posteriormente, los estudios dirigieron su atención al efecto de las dietas en la composición de los tejidos de los animales, y de criterios bioquímicos que contribuyen a la medición del crecimiento y de sus requerimientos nutricionales (Cowey, 1976). En este sentido, los estudios se basan en el peso ganado, que será afectado si un nutrimento esencial está ausente o en niveles desproporcionados en la dieta (Zeitoun *et al* 1976).

El tratamiento con alimento vivo, mostró un efecto favorable que se manifestó con el peso ganado más alto en los peces, sin embargo, la composición nutricional de la pulga de agua, puede variar de acuerdo a su dieta (Mims *et al.* 1991), aunque generalmente, presenta contenidos de proteína por arriba de 50%, además de altas relaciones P/E (Hepher, 1993), que permiten a los peces que la consumen las mejores respuestas de crecimiento, como se observó en el porcentaje de peso y talla ganado, donde el alimento vivo duplicó los resultados que presentaron las marcas comerciales, lo que en términos generales indicó un buen aprovechamiento de éste tratamiento en la etapa juvenil de esta especie.

En el cultivo y estudios de nutrición de los peces la tasa específica de crecimiento (TEC), es importante ya que es afectada por los tipos de alimentos proporcionados a los organismos (Papoutsoglou y Papapaskeva-Papoutsoglou, 1978), además de que es un indicador bastante sensible de la calidad proteínica de las dietas y en condiciones controladas la ganancia en peso de los peces está en proporción a los aminoácidos esenciales suministrados (Tacon, 1987).

Por consiguiente, la tasa específica de crecimiento se incrementa con los contenidos altos de proteína dietética (Austreng y Refstie, 1979); sin embargo, por la interacción entre los contenidos de las dietas probadas del presente estudio, se presentan variaciones en los resultados.

Refstie y Austreng, (1981), encontraron que la TEC y el factor de condición mejoraron con la disminución de los carbohidratos en la dieta de trucha arcoiris, y cuando se incrementaron los niveles de éstos energógenos se produjo el efecto contrario. Jauncey (1982), encontró que la TEC de la tilapia, se incrementó al aumentar la proteína hasta ligeramente decrecer en los niveles más altos. Finalmente, Kaushik (1995), indicó que la TEC declina con la edad y la talla de los peces.

La tasa específica de crecimiento de los peces, en este trabajo se mostró ampliamente favorecida con el tratamiento de *Daphnia pulex*, que por sus altos contenidos proteicos y energéticos permitieron su mejor aprovechamiento por parte de las carpas, aunado al hecho de que el alimento vivo estimula el instinto depredador de los peces.

En lo que se refiere al factor de condición, éste es un indicador de los cambios en las reservas alimenticias almacenadas en el músculo. Se define como la proporción del peso del pez eviscerado al cubo de su longitud (Htun-Han, 1978). Se han realizado diversos trabajos evaluando éste factor, como el de Caulton y Bursell (1977) en *Tilapia rendalli*, donde los datos más pobres de  $k_1$  se asociaron generalmente con los pesos más bajos y un ligero incremento en el porcentaje del contenido de lípido en los peces, con los factores de condición más bajos; concluyeron que los peces utilizaron más proteína que grasa para satisfacer su demanda de energía metabólica.

Lee y Putnam (1973), determinaron que el mejor factor de condición de la trucha arcoiris se mostró proporcional al incremento del contenido de lípidos en la dieta y cuando se mantuvo una concentración constante de lípidos, un elevado aporte de proteína en la dieta no mejoró el factor de condición. Mims y Knaub (1993), se percataron que los factores de condición decrecieron con el incremento de la talla en diversos organismos, y en sus estudios con el pez paleta *Polyodon spathula*, encontraron una disminución significativa entre el factor de condición a la primera semana respecto a la semana cinco, lo que puede ser característico de ésta especie.

Los registros del factor de condición en el experimento I, presentaron datos semejantes a los autores anteriores, es decir, se observó que a medida que aumentó el peso y la talla de los peces, disminuyeron los valores del factor de condición, que desde luego están en relación directa al incremento en peso y talla de ésta especie, al no encontrarse diferencias significativas entre los tratamientos,

indicó la existencia de fuertes interacciones entre el aprovechamiento de las dietas comerciales y la condición de los peces, en esta etapa de crecimiento de la carpa dorada.

La sobrevivencia y el crecimiento de los organismos son los principales parámetros para evaluar el rendimiento de los peces, que permite determinar la biomasa total presente en un sistema de cultivo (Goddard, 1996). En este sentido, el Incremento Relativo de Biomasa (IRB) de los juveniles de carpa dorada mostró los mejores resultados con el tratamiento de alimento vivo, lo que se manifestó con el mayor rendimiento de *C. auratus*, contrario a los tratamientos con dietas comerciales.

Respecto al Factor de Conversión Alimenticia (FCA), Ceballos y Velázquez (1988), publicaron datos para el cultivo comercial de la carpa común en México que van de 1.75 a 5.6. En otras especies y con variaciones de proteína, lípidos y carbohidratos en los alimentos, se han reportado los siguientes datos: Jauncey (1982) con *Sarotherodon mossambicus*, encontró valores de 1.38 a 3.84; Hanley (1991), con *Oreochromis niloticus* registró de 0.6 a 0.65, Morales, *et al.* (1994), con *Oncorhynchus mykiss*, de 0.92 a 1.17; Shiau y Chuang (1995), con *O. niloticus* x *O. aureus*, de 1.49 a 4.11; Jantrarotai y Boonman (1996), con *Clarias macrocephalus* x *C. gariepinus*, de 2.88 a 4.22; Fontaine *et al.* (1997), con *Perca fluviatilis*, de 1.01 a 1.53.

En los trabajos anteriores, los diferentes valores de FCA, variaron de acuerdo a las condiciones experimentales. En el presente estudio los mejores FCA se presentaron con el tratamiento de *Daphnia*, lo que puede interpretarse como un mejor aprovechamiento del alimento por cuanto a su cantidad suministrada con respecto a la biomasa obtenida de los peces al final del período experimental.

Para la producción piscícola, además de considerar a la proteína dietética como el principal componente para obtener un crecimiento óptimo de los peces, es

importante la inclusión apropiada de los carbohidratos y lípidos en la dieta, los cuales determinan la utilización eficiente de la proteína y la calidad del alimento utilizado (Erfanullah y Jafri, 1998). En consecuencia, en los estudios de alimentación de peces es importante el análisis químico proximal corporal de los peces al inicio y final de experimento, para complementar la información obtenida que reflejan el efecto de los alimentos sobre los organismos, y que permitan una mayor precisión del estado nutricional de los peces (Lovell, 1986).

Particularmente, Tung y Shiau (1993), indicaron que la composición corporal de los peces no es constante, y las concentraciones relativas de proteínas, lípidos, carbohidratos y agua darán lugar a un peso ganado que variará con las raciones y condiciones de alimentación. Cuando analizaron el contenido de lípido corporal en tilapia encontraron que este fue mayor en los peces más grandes que en los juveniles, independiente de las fuentes de carbohidratos, y los que se trataron con almidón tuvieron más lípido corporal que los que se alimentaron con glucosa.

Jobling (1994), observó que al aumentar las raciones de alimentación, se incrementó el depósito corporal de lípido, y los peces de mayor edad depositaron más grasa corporal que los juveniles, además de que este efecto puede variar con la especie. Al respecto, Clement y Lovell (1994), encontraron que el músculo de la tilapia contenía 25% menos grasa que el bagre con un porcentaje más alto de proteína y un contenido calórico más bajo en su tejido muscular.

En el presente trabajo, el análisis químico de los peces mostró que el porcentaje de proteína disminuyó al final del período de estudio; las diferencias no fueron significativas entre los tratamientos, sin embargo, se observó que con el alimento vivo, los juveniles de carpa dorada tuvieron un menor decremento de proteína corporal con respecto a su contenido inicial. Estos resultados estuvieron de acuerdo al argumento de Lin y Peter (1991), que indican que un exceso o alto

contenido de carbohidratos en los alimentos es perjudicial al contenido de proteína corporal, particularmente en los juveniles de carpa.

El metabolismo de los carbohidratos en las carpas esta asociado con la acumulación de grasa; cuando los carbohidratos se incrementan en los alimentos, el contenido corporal de grasa en los peces también aumenta (Lin y Peter, 1991), Acorde con lo anterior, en el presente estudio se obtuvieron resultados similares donde los incrementos corporales de carbohidratos y grasas en los juveniles de carpa dorada, se presentaron proporcionalmente a los contenidos de estos nutrientes en los alimentos que se utilizaron.

Por otra parte, por los tamaños y pesos bajos de los juveniles de carpa dorada, el análisis químico corporal de los mismos se realizó utilizando el animal completo en los dos experimentos, y considerando que conforme el animal crece también hay un aumento en el tamaño de los órganos, los cuales acumulan proteínas, lípidos y carbohidratos de forma diferente a lo que se incorpora en el músculo, posiblemente por esto, se encontraron en el presente estudio los decrementos en la proteína corporal en los peces, ya que es en el músculo en el cual los animales acumularán las proteínas para el crecimiento (Steffens, 1987; Tacon, 1987)

Uno de los parámetros subjetivos por cuanto a la vistosidad que puede presentar esta especie es el color, generalmente las crías de *C. auratus* exhiben un color verde aceitunado y a medida que van creciendo en unas semanas toman coloraciones que son importantes en el mercado para incrementar las ventas de los organismos. Dentro de los importantes grupos de pigmentos naturales estan los carotenos, que imparten coloraciones amarillas, anaranjadas y rojas sobre la carne, piel y huevos de los peces. La astaxantina es el principal caroteno de los salmónidos silvestres y es obtenido principalmente del zooplancton (National Research Council, 1993).

Los estudios con carpa dorada han mostrado que el pigmento amarillo zeaxantina fue rápidamente metabolizada a astaxantina, la cual proporciona la coloración roja (National Research Council, 1983). La *Daphnia* y algunos otros organismos acuáticos ingieren carotenos de las algas incluyendo oxicarotenos (luteína) y beta-carotenos y xantófilas, y las convierten en astaxantina, la cual también está presente en la piel de los salmónidos (National Research Council, 1981).

De acuerdo con las revisiones anteriores, el cambio de color en *C. auratus* al final del período experimental fue de verde aceitunado a dorado, en los siguientes porcentajes; 26%, 40% y 96% para Purina, Wardley y *D. pulex*, respectivamente. Lo anterior indicó que la pulga de agua favoreció ampliamente al cambio de color de las carpas, en tanto que los alimentos de marcas comerciales se vieron disminuidas en su aportación de carotenos para los peces, que sin embargo, por su constitución con algunas harinas de pescado, camarón y cangrejo, la marca Wardley presentó una mayor aportación de pigmentos a los animales en relación los alimentos de la marca Purina.

Por otra parte, los costos de los alimentos balanceados empleados en piscicultura oscilan entre 4000 y 7000 pesos/tonelada. La utilización mixta de la productividad natural de los estanques de cultivo con una alimentación balanceada disminuirá considerablemente los costos del alimento, que para esta especie se puede llevar a cabo favoreciendo también a los cambios en su color, como se observó en este experimento, en donde, la utilización de alimento vivo favoreció al cambio de color de manera natural.

Con respecto a las dietas del segundo experimento, estas no difirieron significativamente en los contenidos de energía digestible calculada, sin embargo, la relación P/E de las dietas con 30% de proteína a media y alta energía, fueron las más bajas (87.9 kcal/g y 78.7 kcal/g, respectivamente); asimismo, al realizar en

laboratorio el análisis químico proximal de los alimentos, presentaron las concentraciones más altas de carbohidratos (44.04 % y 48.91%, respectivamente), que posiblemente contribuyeron a la reducción en el consumo del alimento y por lo tanto, de la proteína y otros nutrientes esenciales para el crecimiento de los peces.

Al respecto, Wilson (1994), indica que el valor nutricional de los carbohidratos varía entre los peces, y en general un nivel  $\leq 20\%$  parece ser óptimo para peces de agua fría o marinos, mientras que contenidos más altos son usados para peces de aguas dulces y cálidas, por ejemplo, para la carpa común oscila entre un 30-40%. De acuerdo a Gatlin (1987), puesto que la carpa dorada y la carpa común presentan patrones aminoacídicos parecidos, *C. auratus* puede entonces, presentar similares requerimientos de carbohidratos.

Por otra parte, Matsui y Axelrod (1991) recomiendan tentativamente que mientras no se definan los requerimientos nutricionales de la carpa dorada, un 45% de carbohidratos en su dieta, sin embargo, ningún requerimiento dietético para carbohidratos ha sido demostrado en peces, pero si no se presentan en la dieta, otros nutrientes como la proteína y los lípidos son catabolizados como energía y se constituyen como intermediarios metabólicos para la síntesis de otros compuestos biológicamente importantes (Wilson, 1994).

Por lo anterior, se han realizado diversas investigaciones como la de Refstie y Austreng (1981), que trabajaron con trucha arcoiris con un contenido de carbohidratos en la dieta de 15 a 49%, no observaron interacción entre la tasa de crecimiento y el nivel de carbohidratos para esta especie. Con relación a los omnívoros como la carpa, el bagre y la anguila encontraron que estos organismos pueden utilizar a los carbohidratos como una fuente de energía.

En este sentido, los estudios con la carpa común, muestran que puede digerir cerca del 85% de alfa-almidón a niveles dietéticos entre 19 y 48% y cerca del 55% de beta-almidón. Por lo anterior, se pueden incluir en sus dietas grandes

cantidades de carbohidratos. En contraste, Watanabe (1990), demostró que los niveles de carbohidratos de cerca del 25% son efectivos como una fuente de energía similar a los lípidos para los peces carnívoros como la trucha arcoiris.

Por otra parte, si las carpas se alimentan exclusivamente con alimentos balanceados, su contenido de proteína puede ser muy alto, de acuerdo con la composición puede oscilar entre el 30 y 45% (Steffens, 1987). El uso de los carbohidratos en la dieta depende de su digestibilidad y de la habilidad de la especie para metabolizarla, es decir, no todos los carbohidratos son absorbidos por los peces, por lo que no hay un factor general para su utilización completa (Edwards *et al.* 1977).

En este experimento, la tasa específica de crecimiento de las carpas también fue afectada por el contenido de proteína y energía dietéticas de los tratamientos, con las mejores tasas de crecimiento a 40 y 50% de proteína. Los altos contenidos de carbohidratos formulados (35 y 45%) a 30% de proteína mostraron los resultados más pobres en el crecimiento, por lo que en un momento dado no son recomendables para su utilización en la alimentación de ésta especie, por sus repercusiones en el rendimiento de los organismos cultivados.

Con referencia al factor de condición, este fue solamente afectado por el contenido de proteína dietética, con los mejores resultados en los tratamientos con los contenidos más altos, lo que se reflejó con el crecimiento y la sobrevivencia más alta de los juveniles de *C. auratus* a 40 y 50% de proteína en todos sus niveles de energía.

La sobrevivencia de los peces analizada a través del Incremento Relativo de Biomasa de la carpa dorada, registró los mejores rendimientos con las dietas que presentaron las concentraciones de proteína de 40 y 50% de proteína, en todos sus niveles de energía, y los registros más pobres en las dietas con los

contenidos de proteína del 30%, sobre todo con media y alta energía, caracterizadas por sus altos contenidos de carbohidratos dietéticos.

Los diferentes valores del factor de conversión alimenticia, registrados por diversos autores, variaron de acuerdo a sus condiciones experimentales. En el presente estudio los mejores resultados se encontraron en las dietas con las mayores concentraciones de proteína en todos sus niveles de energía, lo cual es indicativo de un mejor aprovechamiento del alimento por biomasa producida de los peces, sin embargo, en las dietas elaboradas con 30% de proteína a media y alta energía, presentaron los registros más altos de conversión alimenticia, lo que se interpreta como un efecto desfavorable para la alimentación y rendimiento de los juveniles de carpa dorada.

Por otra parte, respecto a la constitución de los alimentos, la adición de grasa a la dieta puede tener un efecto de ahorro de proteína (Lovell, 1986); referente al contenido de lípidos (9%) utilizados en la elaboración de las dietas de este experimento fue el que se presentó en el alimento vivo del primer experimento, dado que mostró los mejores resultados en el crecimiento de la carpa dorada.

Respecto a este tema, Austreng y Refstie (1979), consideraron que es posible variar el contenido químico corporal de los peces al cambiar el contenido químico de la dieta, con la finalidad de mejorar la calidad del tejido muscular de los peces e incrementar las ventas, lo cual es la tendencia de las marcas comerciales en la elaboración de sus alimentos balanceados para las principales especies explotadas acuiculturalmente.

Papoutsoglou y Papapaskeva-Papoutsoglou (1978), también encontraron con la trucha arcoiris que con el aumento en la edad y peso corporal, los porcentajes de agua y proteína decrecieron y el porcentaje de lípidos se incrementó. Hanley (1991), al trabajar con *O niloticus* no observó cambios en la

composición corporal. Lochmann y Phillips (1994), con *C. auratus*, determinaron que la proteína corporal al final del estudio se incrementó en un 10% con el aumento en el contenido proteico de las dietas, aunque a niveles de 25% de proteína no se encontraron diferencias significativas.

Similarmente, en este experimento, los tratamientos con menor contenido de proteína mostraron un efecto más grande con respecto a su decremento porcentual de proteína corporal, en relación con su contenido inicial. Estos resultados fueron acordes a los encontrados por los autores antes descritos.

Por todo lo anterior, es evidente que la tasa de incremento de proteína corporal puede mostrar cambios importantes que corresponden a variaciones dietéticas definidas y específicas para alguna especie en particular. Las dinámicas de acumulación de lípidos y proteína, así como su utilización aunque generalmente ligadas, son difíciles de interpretar; algunas veces una buena alimentación origina un incremento paralelo de ambos materiales, o en otras la acumulación de grasa es usada antes que la proteína, o bien ésta última puede utilizarse directamente como energía, por ejemplo, en *Oncorhynchus nerka*, para su migración (Weatherley, 1976).

Sin embargo, el efecto positivo de la proteína no puede ser atribuido exclusivamente a sus altos contenidos, debido a que los alimentos comerciales contienen más del 10% de grasa y las digestibilidades de las proteínas utilizadas comúnmente son altas (Smith, 1971), por lo tanto, en estos casos los requerimientos de energía se presentan eficientes en los peces, por una parte por el excesivo aporte de proteína en los alimentos más que por las fuentes de energía no proteínica (Pieper y Pfeffer, 1980).

La acumulación de lípidos en el cuerpo de las carpas es un proceso inestable, que varía de acuerdo a la estación, edad, condiciones de alimentación y de cultivo, y el metabolismo de los carbohidratos en las carpas está asociado a la

acumulación corporal de lípidos, por tal motivo, un exceso de carbohidratos en los alimentos puede disminuir el contenido corporal de proteína en los peces (Lin y Peter, 1991).

En este sentido, al utilizar almidón pregelatinizado en las dietas del presente trabajo, posiblemente contribuyó a una mayor incorporación corporal de lípidos en los peces, este resultado fue similar al encontrado en híbridos de tilapia por Thung y Shiau (1991). Se observó que al aumentar el contenido de lípidos corporales disminuyó la concentración de proteína corporal en las carpas, apreciándose un efecto sinérgico de los nutrientes de las dietas sobre el crecimiento de los juveniles.

En relación a la absorción del alimento, Knights (1985), indicó valores típicos de eficiencias de asimilación entre 40-50% para herbívoros y 70-90% para carnívoros, que tienden a ser más grandes en peces pequeños, y que se incrementan con la temperatura. Pocos estudios se han realizado con dietas comerciales, pero pueden ser esperados altos valores debido a que los componentes son finamente molidos y balanceados nutricionalmente.

Talbot (1985), considera que el consumo, la evacuación y la absorción del alimento son importantes en pruebas de alimentación y en el desarrollo de modelos tróficos. En este estudio, se encontraron diferencias entre las energías digeribles calculadas y determinadas en laboratorio, que puede ser ocasionado por el manejo de las técnicas empleadas para el análisis de cada componente y de su estado químico (Jobling, 1983); así como de la posible interferencia que pudo presentar otros ingredientes de las dietas. Por tal motivo, los contenidos de proteína y carbohidratos dietéticos formulados son los que se consideran para la interpretación de los efectos que se ejercieron sobre la carpa dorada.

De acuerdo con lo anterior, las inclusiones de relleno de celulosa y carboximetilcelulosa de los alimentos dietéticos probados, pudieron afectar la

energía digestible determinada, sobre todo si se considera que Lései *et al.* (1986 a), no detectaron una actividad de celulosa importante en trucha, carpa herbívora y carpa dorada y que en ningún caso la flora bacteriana garantizaría una función celulósica en las dos especies de ciprínidos probados a 20 - 28 °C. Con respecto a los tratamientos de 30% de proteína a media y alta energía (35 y 45% de carbohidratos) y su efecto sinérgico sobre los peces, posiblemente contribuyó a que se manifestaran los más bajos porcentajes de energía digestible obtenidas de la energía bruta de los alimentos.

En este sentido, Wilson (1994), indicó que los peces de aguas cálidas son capaces de utilizar o digerir niveles más altos de carbohidratos dietéticos que los peces marinos o de aguas frías, y que también esta diferencia puede estar relacionada a la actividad relativa de la amilasa presente en el tracto digestivo de varias especies. Por ejemplo, Hofer y Sturmbauer (1985), reportaron que la actividad de la amilasa en el tracto digestivo de la carpa común fue de 10 a 30 veces más grande que la que se presentó en la trucha arcoiris.

Pandian y Vivekanandan (1985), alimentaron a los peces exclusivamente con plantas o detritus, y registraron que la eficiencia de absorción de los herbívoros o detritívoros fue más baja que la de los carnívoros, por ejemplo, un herbívoro como la *Tilapia mossambica*, cuando se le ofreció un alimento de origen animal, vegetal o detrítico, presentó una eficiencia de absorción de 95, 79 y 42%, respectivamente.

Las altas eficiencias de absorción mostradas por un herbívoro, con una dieta animal y alta concentración de proteína indicaron que éstos componentes son esenciales para los peces herbívoros y detritívoros, además de que no podrían consumir y absorber una cantidad suficiente de material vegetal/detrítico para satisfacer sus demandas de energía metabólica.

Por los objetivos planteados, sólo para el segundo experimento del presente estudio, se realizó la determinación de la energía digestible de las dietas y los tratamientos con el contenido de proteína de 30% en todos sus niveles de energía presentaron los valores más bajos, lo que significó que la asimilación del alimento por los peces fue limitada, repercutiendo ampliamente en su aprovechamiento, así como en el crecimiento y sobrevivencia de los organismos.

Por lo anterior, la energía digestible de los tratamientos con 40 y 50% de proteína fueron favorables en el crecimiento y sobrevivencia de la carpa dorada, sin presentar diferencias significativas en los parámetros estudiados, por otra parte, si consideramos el aspecto económico de los alimentos, entonces es recomendable la utilización de dietas a 40% de proteína más que a 50%, debido a que ésta eleva los costos de los alimentos balanceados.

La composición química de las dietas formuladas no favorecieron al cambio de color de los peces como en el primer experimento, porque las dietas de marcas comerciales generalmente utilizan harinas de origen animal, como lo son de camarón y cangrejo, así como harinas de origen vegetal como algas y alfalfa que presentan determinado contenido de carotenos (National Research Council, 1993). En el segundo experimento, el estudio se dirigió hacia los requerimientos nutricionales de la especie, más que a la obtención de color en los peces, por lo que no se emplearon pigmentos en las dietas formuladas.

## VIII. CONCLUSIONES

El contenido nutritivo de *Daphnia pulex*, favoreció el crecimiento de los juveniles de la carpa dorada, con una energía digestible de 3.6 kcal/g.

Los ingredientes que constituyeron a las dietas comerciales (Purina y Wardley), permitieron buenas respuestas de crecimiento, a pesar de no presentar los contenidos nutricionales similares al alimento vivo y de las dietas formuladas del segundo experimento.

El requerimiento de proteína de los juveniles de la carpa dorada, con las dietas formuladas fue de 40% a 50%.

La tasa de crecimiento de los peces se benefició a 40% de proteína con un contenido de energía digestible de 3.41 kcal/g, que al no presentar diferencias significativas con las dietas de 50% de proteína y 3.65 kcal/g de energía digestible, es por lo tanto, recomendable su utilización para evitar un gasto innecesario de proteína.

El porcentaje de energía digestible de la energía bruta de los alimentos, que mostró un mejor aprovechamiento por los peces fue de 15.8% y de 23.9%, a media y alta energía en las dietas con 40% de proteína.

El requerimiento de carbohidratos de los juveniles osciló entre 21 y 25%.

Los contenidos de 35 y 45% de carbohidratos formulados, a 30% de proteína afectaron negativamente el crecimiento y sobrevivencia de los juveniles de carpa dorada.

## IX. LITERATURA CITADA

- Akiyama, D. 1993. Futuras consideraciones para la industria alimentaria acuícola. En: Memorias del Primer Simposium Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos para Acuicultura. División de Nutrición Animal. Asoc. Americana de la Soya. Programa Maricultura. Fac. Ciencias Biológicas. Univ. Autónoma de Nuevo León, México. Págs. 25-35.
- Alanärä, A. 1994. The effect of temperature, dietary energy content and reward level on the demand feeding activity of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 126: 349-359.
- Andrews, C. 1987. A fishkeeper's guide to fancy goldfishes. Salamander Books Ltd., Published by Tetra Press. 116 pp.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemist). 1995. Official Methods of Analysis. 16th edition. Washington, D.C. 1018 pp.
- Austreng, E., Refstie, T. 1979. Effect of varying dietary protein level in different families of rainbow trout. *Aquaculture*, 18: 145-156.
- Bolger, T., Connolly, P. 1989. The selection of suitable indices for the measurement and analysis of fish condition. *J. Fish Biol.* 34: 171-182.
- Boujard, T., Médele, F. 1994. Regulation of voluntary feed intake in juvenile rainbow trout fed by hand or by self-feeders with diets containing two different protein/energy ratios. *Aquat. Living Resour.*, 7: 211-215.
- Boyd, C. 1979. Water quality management for pond fish culture Auburn University Agricultural Experiment Station, Auburn, Alabama. 359 pp.

- Bryant, P., Matty, A. 1981. Adaptation of carp (*Cyprinus carpio*) larvae to artificial diets. 1. Optimum feeding rate and adaptation age for a commercial diet. *Aquaculture*, 23: 275-286.
- Busacker, G., Adelman, I., Goolish, E. 1990. Growth. In: Methods for Fish Biology. Edited by Schreck, C., Moyle, P. American Fish Society, Bethesda, Maryland, USA. 684 pp.
- Caulton, M., Bursell, E. 1977. The relationship between changes in condition and body composition in young *Tilapia rendalli* Boulenger. *J. Fish Biol.* 11: 143-150.
- Ceballos, L., Velázquez, M. 1988. Perfiles de la alimentación de peces y crustáceos en los centros y unidades de producción acuícola en México. Secretaría de Pesca/FAO. GCP/RLA/075/ITA. 139 pp.
- Cho, C., Kaushik, S. 1985. Effects of protein intake on metabolizable and net energy values of fish diets. Proc. of International Symposium on Fish Feeding and Nutrition, Aug. 9-13, 1984, Aberdeen, U.K. by Fisheries Society of British Isles. Academic Press, London. 456 pp.
- Clement, S., Lovell, R. 1994. Comparison of processing yield and nutrient composition of cultured Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture*, 119: 299-310.
- Cowey, C. 1976. Use of synthetic diets and biochemical criteria in the assessment of nutrient requirements of fish *J. Fish. Res. Board Can.* 33: 1040-1045.
- Cowey, C. 1992. Nutrition: estimating requirements of rainbow trout. *Aquaculture*, 100: 177-189.

- Dabrowski, K , Bardega, R. 1984. Mouth size and predicted food size preferences of larvae of three cyprinid fish species. *Aquaculture*, 40: 41-46.
- De la Higuera, M. 1987. Diseños y métodos experimentales de evaluación de dietas. En: Nutrición en Acuicultura II. Plan de Formación de Técnicos Superiores en Acuicultura. Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica. Madrid, España. Págs.: 291-318.
- De Pauw, N., Laureys, P., Morales, J. 1981. Mass cultivation of *Daphnia magna* (Straus) on ricebran. *Aquaculture*, 25: 141-152.
- Edwards, D., Austreng, E., Risa, S., Gjedrem, T. 1977. Carbohydrate in rainbow trout diets. I. Growth of fish of different families fed diets containing different proportions of carbohydrate. *Aquaculture*, 11: 31-38.
- Erfanullah and Jafri, A.K. 1998. Growth rate, feed conversion, and body composition of *Catla catla*, *Labeo rohita*, and *Cirrhinus mrigala* fry fed diets of various carbohydrate-to-lipid ratios. *J. World Aquacult. Soc.* 29(1): 84-91.
- Fontaine, P., Gardeur, J., Kestemont, P., Georges, A. 1997. Influence of feeding level on growth, intraspecific weight variability and sexual growth dimorphism of Eurasian perch *Perca fluviatilis* L. Reared in a recirculation system. *Aquaculture*, 157: 1-9.
- Gatlin, D. 1987. Whole-body amino acid composition and comparative aspects of amino acid nutrition of the goldfish, golden shiner and fathead minnow. *Aquaculture*, 60: 223-229.

- Gaxiola, G. 1994. Requerimientos nutricionales de las postlarvas de *Penaeus setiferus* y *P. duorarum* (Crustacea: Penaeidae). Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 110 pp.
- Goddard, S. 1996. Feed management in intensive aquaculture. Chapman and Hall, New York, NY 10003. 194 pp.
- Halver, J. 1976. The nutritional requirements of cultivated warmwater and coldwater Fish species. In: Advances in Aquaculture. T.V.R. Pillay and Wm. A. Dill (eds.). FAO Technical Conference on Aquaculture. Kyoto, Japan. Fishing News Books Ltd. Pages: 574-580.
- Halver, J. 1989. Fish nutrition. Academic Press, Inc. 785 pp.
- Hanley, F. 1991. Effects of feeding supplementary diets containing varying levels of lipid on growth, food conversion, and body composition of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture*, 93: 323-334.
- Hepher, B. 1993. Nutrición de peces comerciales en estanques. Editorial Limusa, S.A. de C.V. 406 pp
- Hofer, R. 1985. Effects of artificial diets on the digestive processes of fish larvae. In: Nutrition and Feeding in Fish. Edited by C. Cowey, A. Mackie and J. Bell. Academic Press. Pages: 213-216.
- Hofer, R., Sturmbauer, C., 1985. Inhibition of trout and carp alpha amylase by wheat. *Aquaculture*, 48: 277-283.
- Hopkins, K. 1992. Reporting fish growth: a review of the basics. *J. World Aquacult. Soc.* 23(3): 173-179.

- Horváth, L., Tamás, G., Seagrave, C. 1992. Carp and pond fish culture. Including chinese herbivorous species, pike, tench, zander, wels catfish and goldfish. Fishing News Books. England. 158 pp.
- Htun-Han, M. 1978. The reproductive biology of the dab *Limanda limanda* (L.) in the North Sea: gonasomatic index, hepatosomatic index and condition factor. *J. Fish Biol.* 13: 369-378.
- Jantrarotai, W., Boonman, C. 1996. Use of dried layer waste in diets for the hybrid catfish *Clarias macrocephalus* x *C. gariepinus*. *Progr. Fish Cult.* 58: 273-276.
- Jauncey, K. 1982. The effects of varying dietary protein level on the growth, food conversion, protein utilization and body composition of juvenile tilapias (*Sarotherodon mossambicus*). *Aquaculture*, 27: 43-54.
- Jobling, M. 1983. A short review and critique of methodology used in fish growth and nutrition studies. *J. fish Biol.* 23: 685-703.
- Jobling, M. 1994. Fish bioenergetics. Published by Chapman and Hall. 309 pp.
- Kaushik, S. 1995. Nutrient requirements, supply and utilization in the context of carp culture. *Aquaculture*, 129: 225-241.
- Knights, B. 1985. Energetics and fish farming. In: Fish Energetics New Perspectives. Edited by Tytler, P and Calow, P. Croom Helm Ltd. London and Sydney. Pages: 309-340.
- Kuri, N. 1991. Consideraciones generales del proceso de alimentación enfocadas al empleo de alimentos balanceados en acuicultura intensiva. *Hidrobiológica*, 1(1): 56-64.

- Langis, R., Proulx, D., De la Noue, J., Couture, P. 1988. Effects of a Bacterial biofilm on intensive *Daphnia* culture. *Aquacultural Engineering*, 7: 21-38.
- Lee, D., Putnam, G. 1973. The response of rainbow trout to varying protein/energy ratios in a test diet. *J. Nutr.* 103 : 916-922.
- Léssel, R., Fromageot, C., Léssel, M. 1986 (a). Cellulose digestibility in grass carp, *Ctenopharyngodon idella* and in goldfish, *Carassius auratus*. *Aquaculture*, 54: 11-17.
- Léssel, R., Fromageot, C., Blanc, J., Léssel, M. 1986 (b). Enzymatic profiles (osidases) of two cyprinids: *Ctenopharyngodon idella* and *Carassius auratus*. *Aquaculture*, 54: 19-25.
- Lin, H., Peter, R. 1991. Aquaculture. In: Cyprinid fishes. Systematics, biology and exploitation. Edited by Ian J. Winfield and J. S. Nelson. Chapman and Hall, Fish and Fisheries, Series 3. Pages: 591-622
- Lin, J., Cui, Y., Hung, S., Shiau, S. 1997. Effect of feeding strategy and carbohydrate source on carbohydrate utilization by white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) and hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*). *Aquaculture*, 148: 201-211.
- Lochmann, R., Phyllips, H. 1994. Dietary protein requirement of juvenile golden Shiñers (*Notemigonus crysoleucas*) and goldfish (*Carassius auratus*) in aquaria. *Aquaculture*, 128: 277-285.
- Lovell, T. 1986. Weight gain versus protein gain for evaluating fish feeds. *Aquaculture Magazine*. January/february; 45-46.

- Lovell, T. 1991. Aquaculture Research Needs for the Year 2000: Fish and Crustacean Nutrition. *World Aquaculture*, 22(2): 57-63.
- Manteifel, Y., Karelina, M. 1996. Conditioned food aversion in the goldfish, *Carassius auratus*. *Comp. Biochem. Physiol.* 115A (1): 31-35.
- Martínez, J., Ramírez, G., Villaseñor, C., Ríos, B., Espinoza, Ch. 1988. Cultivos de apoyo para la acuicultura: Producción de alimento vivo. *Acuavisión*, No. 14: 18-24.
- Martínez, C., Chávez, C., Olvera, M. 1989. La nutrición y la alimentación en la acuicultura de América Latina, una diagnóstico. Programa Cooperativo Gubernamental FAO-Italia. GCP/RLA/075/ITA. Documento de campo No. 17. 184 pp.
- Matsui, Y, Axelrod, H. 1991. Goldfish Guide. Third Edition, T.F.H. Publications, Inc. 352 pp.
- Meade, W. 1989 Aquaculture management. An Avi Book, Published by Van Nostrand Reinhold, New York, 175 pp.
- Medina, M., Márquez, P. 1980. Sugerencias de selección de reproductores de trucha arcoiris (*Salmo gairdneri*) en base a sus características morfométricas. III Simposium Latinoamericano de Acuicultura. Cartagena, Colombia. 17 pp.
- Mendoza. R. 1993. Métodos para evaluar la digestibilidad proteica de los alimentos destinados a los organismos acuáticos. En: Mendoza, Cruz-Suárez y Ricque (Eds.). *Memorias del Primer Symposium Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos para Acuicultura*. Monterrey, N.L. México. Págs.: 155-202.

- Melotti, P. 1986. Goldfish (*Carassius auratus* L.) farming in Italy. Pages: 369-376.  
In: Aquaculture of cyprinids. L'aquaculture des cyprinidés. R.Billard and J. Marcel, Editeurs. INRA, Paris.
- Mims, S., Knaub, R. 1993. Condition factors and length-weight relationships of Pond-cultured paddlefish *Polyodon spathula* with reference to other morphogenetic relationships *J. World Aquacult. Soc.* 24 (3). 429-433.
- Morales, A., Cardenete, G., De la Higuera, M., Sanz, A. 1994. Effects of dietary protein source on growth feed conversion and energy utilization in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 124: 117-126.
- Moyle, B., Cech, J. 1988. Fishes. An introduction to ichthyology. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey 07632. USA. 559 pp.
- Nash, C 1991. Introduction and background to aquaculture. In: Production of aquatic animals. World Animal Science, C4. Crustaceans, Molluscs, Amphibians and Reptiles. Elsevier Science Publishers B.V. Pages: 1-18
- National Research Council. 1978. Nutrient requirements of fishes. Nutrient requirements of laboratory animals. Number 10. National Academic Press, Washington, D.C. 96 pp.
- National Research Council. 1981. Nutrient requirements of coldwater fishes. Nutrient requirements of domestic animals. Number 16. National Academic Press, Washington, D.C. 63 pp.
- National Research Council. 1983. Nutrient requirements of warmwater fishes and shellfishes. Revised edition. National Academic Press, Washington, D.C. 102 pp.

- National Research Council.1993. Nutrient requirements of fish. National Academic Press, Washington, D.C. 114 pp.
- 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(1): 11-22.
- Nose, T. 1979. Diet compositions and feeding techniques in fish culture with complete diets. *World Symp. of Finfish and Fishfeed Technology Vol I*: 283-291.
- Ogino, Ch. 1963. Studies on the chemical composition of some natural foods of aquatic animals. *Bull. Japn. Soc. Sci. Fish.*, 29(5): 459-462.
- Paczkowsky, J. 1995. Starting 'out right with goldfish. *Tropical Fish Hobbyst.* XLIII (8): 132-138.
- Pandian, T., Vivekanandan, E. 1985. Energetics of feeding and digestion. In: *Fish Energetics New Perspectives*. Edited by Tytler, P. and Calow, P. Croom Helm Ltd. London and Sydney. Pages: 99-124.
- Papoutsoglou, S., Papaparaskeva-Papoutsoglou, E. 1978. Comparative studies on body compositions of rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.) in relation to type of diet and growth rate. *Aquaculture*, 13: 235-243.
- Parr (Parr Instrument Company).1994. Operating instructions for the 1341 oxigen bomb calorimeter. 8 pp.
- Phillips, A. 1969. Nutrition, digestion and energy utilization. In: W.S. Hoar and D.J. Randall, eds. *Fish Physiology*, Vol. 1. Academic Press, New York and London. Pages: 351-432.

- Pieper, A., Pfeffer, E. 1980. Studies on the comparative efficiency of utilization of gross energy from some carbohydrates, proteins and fats by rainbow trout (*Salmo gairdneri*, R.). *Aquaculture*, 20: 323-332.
- Reay, P. 1979. *Aquaculture*. The Institute of Biology's Studies in Biology No.106. University Park Press, Baltimore. 60 pp.
- Refstie, T., Austreng, E. 1981. Carbohydrate in rainbow trout diets. III. Growth and chemical composition of fish from different families fed four levels of carbohydrate in the diet. *Aquaculture*, 25: 35-49.
- Ricker, W. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Board Can.* 191: 382 p.
- Ricker, W. 1979. Growth rates and models. In: W. Hoar, D. Randall and J. Brett, editors. *Fish physiology, volume VIII; Bioenergetics and Growth*. Academic Press, New York, USA. Pages 677-743.
- Sen, P., Rao, N., Ghosh, S., Rout, M. 1978. Observations on the protein and carbohydrate requirements of carps. *Aquaculture*, 13: 245-255
- Shiau, S-Y., Chuang, J-C. 1995. Utilization of disaccharides by juvenile tilapia *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. *Aquaculture*, 133: 249-256.
- Smith, R. 1971. A method for measuring digestibility and metabolizable energy of fish Feeds. *Progr. Fish Cult.*, 33: 132-137.
- Smith, L. 1991. *Introduction to fish physiology*. Published by Argent Laboratories. 352 pp.

- Steffens, W. 1987. Principios fundamentales de la alimentación de los peces. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. 275 pp.
- Tacon, A. 1987. The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp - a training manual. 1. The essential nutrients. FAO. Trust Fund GCP/RLA/075/ITA. Brasilia, Brasil. 117 pp.
- Takeuchi, T., Watanabe, T., Ogino, Ch. 1979(a). Availability of carbohydrate and lipid as dietary energy sources for carp. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.*, 45(8): 977-982.
- Takeuchi, T., Watanabe, T., Ogino, Ch. 1979(b). Optimum ratio of dietary energy to protein for carp. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 45(8): 983-987.
- Talbot, C. 1985. Laboratory methods in fish feeding and nutritional studies. In: Fish Energetics New Perspectives. Edited by Tytler, P and Calow, P. Croom Helm Ltd. London and Sydney. Pages: 125-154.
- Tung, P., Shiau, S. 1991. Effects of meal frequency on growth performance of hybrid tilapia *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*, fed different carbohydrate diets. *Aquaculture*, 92: 343-350
- Van Waversveld, J., Addink, A., Van Den T., Smit H. 1989. Heat production of fish: a literature review. *Comp. Biochem. Physiol.* 92A(2): 159-162.
- Watanabe, T. 1980. Lipid nutrition in fish *Comp. Biochem. Physiol.* 73B (1): 3-15.
- Watanabe, T. 1990. Nutrition and growth. In: Intensive fish farming. Edited by Shepherd, C. and N. Bromage. BSP Professional Books a division Of Blackwell Scientific Publications, LTD. Pages; 154-197.

- Weatherley, A. 1976. Factors affecting maximization of fish growth. *J. Fish. Res. Board Can.* 33: 1046-1058.
- Wilson, R. 1985. Amino acid and protein requirements of fish. In: Nutrition and Feeding in Fish. Edited by Cowey C., Mackie A. and Bell J. Academic Press. Pages 1-16.
- Wilson, R. 1994. Utilization of dietary carbohydrate by fish. *Aquaculture*, 124: 67-80.
- Winfrey, R., Stickney, R. 1981. Effects of dietary protein and energy growth, feed conversion efficiency of body composition of *Tilapia aurea*. *J. Nutr.* 111: 1001-1012.
- Yamada, R. 1986. Pond production systems: feeds and feeding practices in warmwater fish ponds. In: Principles and practices of pond culture. Edited by Lannan, J., Smitherman, R., Tchobanoglous, G. Oregon State University Press. Pages; 111-139.
- Zar, J. 1984. Biostatistical analysis. Second edition. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632. 718 pp.
- Zeitoun, I., Ullrey, D., Magee, W., Gill, J., Bergen W. 1976. Quantifying nutrient requirements of fish. *J. Fish. Res. Board Can.* 33: 167-172.