



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE SUCRE
ESCUELA DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA DE DOS DIETAS PREPARADAS CON
HARINA DEL CAMARÓN *Macrobrachium sp* Y SU INFLUENCIA SOBRE EL
CRECIMIENTO Y SOBREVIVENCIA DE ALEVINES DE CACHAMA (*Colossoma
macropomum*)
(Modalidad: Investigación)

RICHARD MANUEL BAUZA CORONADO

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADO EN BIOLOGÍA

CUMANÁ, 2008

COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA DE DOS DIETAS PREPARADAS CON
HARINA DEL CAMARÓN *Macrobrachium sp* Y SU INFLUENCIA SOBRE EL
CRECIMIENTO Y SOBREVIVENCIA DE ALEVINES DE CACHAMA (*Colossoma
macropomum*)

APROBADO POR:

Asesor Académico

Asesor Externo

INDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INTRODUCCIÓN	1
METODOLOGÍA	4
Elaboración De Las Dietas	5
Dieta 1 (25 % de harina de camarón):	5
Dieta 2 (50 % de harina de camarón):	5
Dieta control (0 % de harina de camarón):	5
Composición Bromatológica De Las Diferentes Dietas	5
Proteínas totales	5
Carbohidratos totales	6
Lípidos totales.....	7
Ácidos grasos.....	7
Cenizas.....	8
Humedad.....	9
Ensayo De Alimentación De Alevines De Cachama (<i>Colossoma macropomum</i>)	9
Porcentaje de sobrevivencia.....	10
Tasa de crecimiento absoluto.....	10
Índices de conversión alimenticia.....	10
Evaluación de los Parámetros Ambientales.....	11
Análisis De Los Resultados	11
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
Composición Bromatológica De Las Diferentes Dietas	12
Ensayo De Alimentación De Alevines De Cachama (<i>Colossoma macropomum</i>)	23
CONCLUSIONES	28
RECOMENDACIONES.....	29
BIBLIOGRAFÍA	30
APENDICE.....	35

DEDICATORIA

A Dios por ayudarme a lograr esta meta, la primera de muchas que espero alcanzar.

A mi maravillosa familia, sin la cual no habría podido alcanzar mis sueños; gracias a mis padres y hermanos, por su apoyo en todo momento.

A Ana Mercedes, por estar siempre conmigo.

A mi primo Darwin Muñoz (D.J D@rwin)[†].

A mis profesores guía, por su paciencia infinita, a mis amigos los de siempre, y a todos a quienes de una u otra manera me dieron su apoyo.

AGRADECIMIENTO

Gracias a los profesores Luis Freites y Trinidad Urbano por asesorarme en mi trabajo de tesis.

A la Estación Experimental Delta Amacuro, del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) y su personal por el apoyo brindado en el transcurso del ensayo experimental.

Al proyecto: Generación de tecnología para el cultivo de especies acuáticas de interés comercial del (INIA); el cual aportó los recursos necesarios para su desarrollo.

A los compañeros del Laboratorio de Acuicultura Extensión Plancton del IOV-UDO, en especial a Roraysi por ayudarme incondicionalmente.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, existen en Venezuela pocas fábricas que se dedican a la producción de alimentos concentrados para la acuicultura. En el país, los precios de estos alimentos son generalmente altos, debido a la escasez de oferta y a la utilización de harina de pescado importada, lo que a su vez encarece las labores acuícolas. Esta situación es similar en muchos países y ha promovido la búsqueda de insumos alternos como materia prima para la elaboración de piensos comerciales (Tacón, 1989), dando origen a investigaciones que ofrezcan fuentes no convencionales de proteínas, lípidos y carbohidratos, derivadas de subproductos agroindustriales u otros organismos potenciales, que sustituyan total o parcialmente a la harina de pescado (El'Sayed, 1999).

Unos de los factores de mayor incidencia sobre los costos de producción animal lo constituye el alimento. Esta afirmación también es válida en piscicultura, sobre todo cuando se trabaja a nivel intensivo; y es por esta razón que constantemente se está a la búsqueda de alternativas que permitan la utilización de nuevas fuentes de alimentos, más baratas, pero sin menoscabo de la eficiencia sobre el crecimiento (Saint-Paul, 1986).

Los ingredientes que se seleccionen para formar parte de una determinada dieta deben contener niveles adecuados de proteínas, lípidos, carbohidratos y ácidos grasos, a fin de garantizar una mayor sobrevivencia de larvas, postlarvas y/o alevines de las especies sometidas a cultivo (González, 2001).

A nivel experimental se han utilizado diferentes subproductos agrícolas como ingredientes en las dietas para peces, entre éstos la pulpa del pericarpio del café. Al respecto, Ulloa *et al.* (2002) y Bautista *et al.* (1999), al alimentar alevines de tilapia, *Oreochromis aureus* y de cachama, *Colossoma macropomum*, con dietas que incluyeron diferentes porcentajes de pulpa de café, reportaron que los mejores resultados se obtuvieron cuando se empleó entre un 13-15% de este ingrediente.

La harina de canola (*Brassica napus*) también ha sido empleada en la alimentación de peces; ésta posee una adecuada calidad nutricional; sin embargo, su contenido de antinutrientes limita su uso en dietas para peces. La inclusión de 25% de proteína de esta planta ha dado resultados favorables en dietas para salmón (*Oncorhynchus tshawytscha*), mientras que niveles del 20% no afectan el crecimiento de la trucha juvenil o adulta (*Oncorhynchus mykiss*); sin embargo, los peces pequeños son susceptibles al efecto de sus antinutrientes (Higgs *et al.*, 1982; Hardy y Sullivan, 1983).

Dentro del grupo de organismos potenciales que podrían ser utilizados como materia prima para la elaboración de harina de consumo animal destaca el camarón dulceacuícola *Macrobrachium* sp. Este crustáceo se encuentra distribuido en abundantes cantidades en el Delta del Orinoco, Venezuela, donde existen grandes poblaciones; no obstante, debido a su pequeño porte (longitud: $4,0 \pm 0,6$ cm y masa: $0,60 \pm 0,3$ g), no forma parte de las pesquerías tradicionales (Pereira, 1992).

Los camarones del género *Macrobrachium* están clasificados en la familia Palaemonidae, Orden Decapoda y Clase Crustacea, y comprenden un grupo de más de 100 especies (New y Singholka, 1982), con una amplia distribución en zonas tropicales y subtropicales del mundo. Experiencias previas, realizadas en laboratorio (Graziani *et al.*, 1998) y en lagunas de tierra (Coelho *et al.*, 1987), han demostrado la potencialidad de cultivo que tiene este organismo.

La selección de la cachama (*Colossoma macropomum*) como organismo de prueba de las dietas a ensayar obedece al hecho de que esta especie, cuenta con grandes posibilidades comerciales en la acuicultura para resolver problemas de alimentación y de bienestar social. Las bases para la promoción e impulso en ambientes controlados de esta especie se inició hacia el año 1983, debido a ventajas tales como: 1) fácil adaptación al consumo de alimentos concentrados, 2) excelente conversión alimenticia, 3) rápido crecimiento, 4) fácil reproducción artificial, 5) producción masiva de alevines y la posibilidad de hacer varios desoves durante el año, todos estos atributos la convierten en

una especie promisoría para el manejo en estanques (Díaz y López, 1995). Posee hábitos alimenticios omnívoros, teniendo como dieta principal frutos de arbustos y árboles que crecen cerca de la orilla de los caños donde habita (Roubach y Saint-Paul, 1994), los cuales puede triturar y digerir gracias a su dentadura molariforme. No obstante, su alimentación en ambientes naturales es típicamente omnívora, gracias a que posee una combinación de dientes adaptados para triturar todo tipo de estructuras (González y Heredia, 1989). Adicionalmente tiene gran habilidad para filtrar, siendo por estas características una especie con alto potencial productivo (Saint- Paul, 1986; Camargo *et al.*, 1998).

En la actualidad, la producción de cachama se estima entre 2 y 18 tm/ha/año, dependiendo del sistema de cultivo utilizado (Hernández *et al.*, 1992; González y Heredia, 1998), la cual es sostenida, principalmente, a través del uso de dietas comerciales para peces, lo que incrementa considerablemente los costos de producción. Ante esta situación, la presente investigación, como una forma de disminuir los costos por alimentación, se planteó como objetivo el análisis bromatológico de dos dietas preparadas a base de diferentes porcentajes de harina del camarón *Macrobrachium* sp. y su influencia sobre el crecimiento y sobrevivencia de alevines de la cachama *Colosoma macropomum*.

METODOLOGÍA

Los camarones (*Macrobrachium* sp.) utilizados en esta investigación provinieron de cultivos realizados en la Estación Experimental Delta Amacuro, del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), localizada en Isla Cocuina, Tucupita, Estado Delta Amacuro, en una región próxima a la desembocadura del Río Orinoco. Estos camarones fueron lavados con abundante agua destilada a fin de eliminarles cualquier materia extraña y se colocaron en una estufa Memmert a 60°C hasta que alcanzaron una masa constante. Seguidamente, se molieron en un molino Corona hasta obtener una harina, la cual se pasó a través de un tamiz de 100 μm para homogeneizar el tamaño de las partículas.



Figura 1. Camarones dulceacuícolas *Macrobrachium* sp.

Con la harina obtenida se elaboraron dos dietas (con diferentes porcentajes de harina de camarón), a las cuales se les determinó, por triplicado, la composición bromatológica. Posteriormente, estas dietas se suministraron como alimento a alevines de cachama a fin de evaluar su influencia sobre el crecimiento y sobrevivencia de estos peces. Las metodologías empleadas fueron las siguientes:

Elaboración De Las Dietas

Dieta 1 (25 % de harina de camarón):

Constituida por 75 g de alimento para peces (Puripargo) pulverizado, 25 g de harina de camarón, 2,5 ml de polivitaminas, 143 ml de agua hirviente de 95 a 100° C, 25 g de almidón de yuca y 0,125 g de sales minerales. A continuación, estos materiales se mezclaron para homogeneizarlos y se trasvasaron a un equipo peletizador para elaborar *pellets*, los cuales se colocaron en una estufa a 40 °C hasta que alcanzaron una humedad entre 7 - 8 %.

Dieta 2 (50 % de harina de camarón):

Constituida por 50 g de alimento para peces (Puripargo) pulverizado, 50 g de harina de camarón, 5 ml de polivitaminas, 143 ml de agua hirviente de 95 a 100° C, 50 g de almidón de yuca y 0,25 de sales minerales. Los pasos posteriores fueron similares a los descritos para la dieta 1.

Dieta control (0 % de harina de camarón):

Constituida por 100 g de alimento para peces (Puripargo), el cual se encuentra en forma de *pellets* y contiene las vitaminas y sales minerales requeridas por los peces cultivados.

Composición Bromatológica De Las Diferentes Dietas

Proteínas totales

Se determinaron según el método de Lowry (Lowry *et al.*, 1951) modificado por Herbert *et al.* (1971). Para estos análisis se tomó 1 g de muestra (*pellets*) de las dietas a estudiar y fue hidrolizada con 2 ml de NaOH 1 mol/l durante 60 minutos a una temperatura de 95 a 100°C; luego, las muestras se mantuvieron a temperatura ambiente, clarificándose por centrifugación a 3 000 rpm durante 15 min. A continuación fue

transferido, por triplicado, un volumen de 0,2 ml del sobrenadante a un tubo de ensayo, en el que se le adicionaron 0,3 ml de agua destilada. Tanto para la curva patrón de seroalbúmina bovina (BSA) como para el blanco y las muestras de los *pellet* hidrolizados, se agregaron 0,4 ml de NaOH 1 mol/l y 2 ml de NaCO₃ al 5% m/v, al cual previamente se le adicionó una solución de CuSO₄5H₂O al 0,5% m/v en tartrato de potasio al 1% m/v, en una relación 50:2 v/v. Todas estas muestras se dejaron durante 10 minutos en reposo a temperatura ambiente para luego agregarles 0,4 ml de una mezcla 50:50 v/v de reactivo de fenol Folin Ciocalteau (Sigma) con agua destilada.

Después de agregar todos los reactivos, las muestras se mantuvieron a temperatura ambiente durante 30 min, y por último se leyeron las absorbancias en un espectrofotómetro (Spectronic Shimadzu UV – 120-01) a una longitud de onda de 750 nm, utilizando cubetas de 3 ml de capacidad (Standard Ltd.) contra el blanco. Para la cuantificación de las proteínas se utilizó como estándar una solución de seroalbúmina bovina (BSA) de 1 mg/ml, a partir de la cual se obtuvo la curva patrón. Los valores de absorbancia de BSA fueron utilizados para la elaboración de la curva patrón mediante un ajuste lineal por mínimos cuadrados, y los valores de proteínas de cada dieta fueron calculados por interpolación utilizando dicha curva. El contenido de proteínas totales se expresó en porcentaje con relación a masa seca y correspondió al promedio de todas las réplicas.

Carbohidratos totales

La cuantificación se llevó a cabo por el método fenol sulfúrico (Dubois *et al.*, 1956), para lo cual se resuspendió 1 g de muestra de cada una de las dietas por separado en 4 ml de NaOH 0,1 N. De esta solución se tomó 1 ml y se colocó en tubos de ensayo por triplicado. Paralelamente fue preparado el blanco con 1 ml de NaOH 0,1 N. A todos los tubos (muestras y curva patrón) se les añadió 1 ml de fenol al 5 % y, una vez mezclados, se les agregó inmediatamente 5 ml de H₂SO₄ concentrado, agitándose inmediatamente y luego se colocaron todos los tubos en un baño de María a 100 °C/15

minutos, y se dejaron enfriar, para poder realizar las lecturas de absorbancia a 485 nm, en un tiempo no mayor de una hora.

Los valores de absorbancia de la glucosa estándar se utilizaron para la elaboración de la curva patrón mediante un ajuste lineal por mínimos cuadrados, y los valores de carbohidratos en las muestras problemas fueron calculados por interpolación utilizando dicha curva. El contenido de carbohidratos totales se expresó en porcentaje con relación a masa seca y corresponden al promedio de todas las réplicas.

Lípidos totales

Extracción y cuantificación

Para la extracción de los lípidos totales se colocó 1 g de muestra de cada una de las dietas, por separado, en un tubo de ensayo; se les agregó 7,5 ml de cloroformo:metanol ($\text{CHCl}_3:\text{CH}_3\text{OH}$ 2:1 V/V). Los tubos con las muestras se agitaron y se dejaron en reposo durante 24 horas a 4 °C. Posteriormente, fueron centrifugados por 10 min a 3000 rpm. La fase polar se descartó y la no polar se colocó en un tubo limpio, previamente tarado, adicionándole 0,5 ml de acetona de alta pureza (Bligh y Dyer, 1959). El extracto lipídico obtenido se sometió a desecación mediante la evaporación del CHCl_3 en una estufa a 37 °C; posteriormente, a través de gravimetría, se determinó el contenido lipídico.

Ácidos grasos

Los extractos lipídicos obtenidos según metodología Bligh y Dyer (1959) como se explicó anteriormente; se esterificaron, para lo cual los tubos con las muestras se sometieron a metanólisis durante 2 horas y media a 85 °C mediante la adición de 2,5 ml de HCl (5%) en metanol. Los metilésteres de ácidos grasos obtenidos se separaron de la fase polar mediante una doble extracción con hexano grado HPLC (0,75 ml). El volumen final del hexano fue reducido a 100 μl mediante la evaporación con nitrógeno. El

volumen obtenido de cada una de las muestras lipídicas, se analizó a través de un cromatógrafo de gases (HP5980II) acoplado a un espectrómetro de masas (HP5971A) (Sato y Murata, 1988).

Los ácidos grasos se identificaron mediante la comparación de los tiempos de retención de un patrón comercial de metilésteres de ácidos grasos PUFA-3 (etería Inc., Pleasant Gap, PA, USA). Los resultados se expresaron en porcentaje de área sobre la base de los ácidos grasos encontrados.

Cenizas

El porcentaje de cenizas se determinó de acuerdo a la Asociación Americana de Químicos Analíticos, AOAC (1990), para lo cual se pesaron 5 g de muestra de cada una de las dietas por separado, sobre una cápsula de porcelana de peso conocido, en una balanza analítica Sartorius; luego, las muestras se llevaron a la estufa a 105 °C, por 5 horas, para remover la humedad. Posteriormente fueron colocadas en una mufla a 450 °C por 4 horas; y a continuación, las muestras se dejaron enfriar y se colocaron en un desecador para luego pesarlas y determinar el contenido de cenizas, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{CC - C}{W} \times 100$$

Donde:

CC= masa (g) del crisol más la ceniza

C= masa (g) del crisol vacío

W= masa (g) de la muestra

Humedad

La humedad se determinó de acuerdo a la Asociación Americana de Químicos Analíticos, (1990). Se tomaron 5 g de muestra de cada una de las dietas por separado en cápsulas de porcelanas, previamente pesadas; a continuación se llevaron a una estufa a 105 °C, durante 24 horas, y luego fueron colocadas en un desecador durante 2 horas. Transcurrido este tiempo se procedió a pesar nuevamente las cápsulas con las muestras. El porcentaje de humedad se determinó según (Hopkins, 1992) usando la siguiente fórmula:

$$\%H = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

Donde:

P_i= masa inicial (g) de la muestra

P_f= masa final (g) de la muestra

Ensayo De Alimentación De Alevines De Cachama (*Colossoma macropomum*)

El ensayo de alimentación de alevines de cachama fue realizado, por quintuplicado, para cada tipo de dieta, en acuarios de vidrio (30 x 40 x 70 cm), los cuales contenían 60 litros de agua dulce y estuvieron provistos de aireación constante. En dichos acuarios se colocaron 20 alevines con un peso y talla promedio de 2,5 g y 5,0 cm, respectivamente. Durante 36 días, la cantidad de los tres tipos de dieta suministrada a los alevines fue el equivalente al 20 % de la biomasa existente en cada acuario al inicio del ensayo, la cual se suministró en tres dosis diarias. Los acuarios fueron limpiados sifoneando el fondo, una vez al día, antes de aplicar las dietas, a fin de mantener la calidad físico-química del agua. Al finalizar el ensayo, los alevines se cosecharon totalmente, y se pesaron en una balanza DIC TR-4102 de 0,01 g de apreciación. Con los datos obtenidos se determinó:

Porcentaje de sobrevivencia

Se determinó según la relación señalada por Galindo (2000):

$$\%S = \frac{n_o - n_f}{n_o} \times 100$$

Donde:

S= Supervivencia.

N_o= Número inicial de animales.

N_f= Número final de animales.

Tasa de crecimiento absoluto

Se calculó según Hopkins (1992):

$$TCA(g/día) = \frac{P_f - P_i}{t}$$

Donde:

P_f y **P_i** corresponden a los pesos (g) promedios final e inicial, respectivamente y **t** (días) es el tiempo de cultivo.

Índices de conversión alimenticia

Para determinar la efectividad de las dietas suministradas, según el Consejo de investigación Nacional (NRC, 1977), se utilizó el denominado Índice de conversión de alimentos (I.C.A) que se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$ICA = \frac{\text{cantidad de alimento (g) suministrado en el período}}{\text{incremento del peso (g) de la población en el período}}$$

Evaluación de los Parámetros Ambientales

Como parámetros ambientales se midieron diariamente durante toda la fase experimental, la temperatura del agua en los acuarios y el oxígeno disuelto con la ayuda de un oxigenómetro; de igual manera se midió el pH con la ayuda de un pH-metro digital.

Análisis De Los Resultados

Se realizó una comparación estadística de los diferentes componentes (proteínas, carbohidratos, lípidos, ácidos grasos, cenizas, humedad) de las dietas elaboradas y la dieta comercial (puripargo), mediante un ANOVA de 1 vía. Además, los datos de tasa de crecimiento absoluto, índice de conversión alimenticia y sobrevivencia de los alevines de cachama obtenidos al final del ensayo con las diferentes dietas fueron comparados mediante un ANOVA de 1 vía, para determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos a un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$ (Zar, 1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición Bromatológica De Las Diferentes Dietas

La alimentación de especies de aguas cálidas ha recibido una gran atención por parte de numerosos países en todo el mundo, por ser el aspecto más costoso en la cría comercial; no obstante, no se han resuelto muchos de los inconvenientes presentados a nivel industrial. De allí la aparición de un gran número de investigaciones sobre nutrición de estas especies.

Para lograr un crecimiento rápido y eficiente de los peces en cultivo, la alimentación es uno de los principales factores (Huet, 1973), y la cantidad de alimento es de fundamental importancia para la obtención de una producción máxima al mínimo costo (Castagnolli, 1977).

La tabla 1 muestra la composición bromatológica de las dietas utilizadas para la alimentación de los alevines de *C. macropomum*. El contenido de proteínas, lípidos, carbohidratos y cenizas mostraron diferencias significativas entre las dietas (tablas 2-7), obteniéndose en la dieta 2 los mayores contenidos de proteínas, carbohidratos, lípidos y cenizas con valores de $47,78 \pm 0,4\%$; $30,32 \pm 0,7\%$; $13,01 \pm 0,4\%$ y $9,61 \pm 0,2\%$, respectivamente; mientras que la dieta que presentó los menores valores de estos parámetros fue la dieta control con valores de $36,59 \pm 1,4\%$; $20,99 \pm 2,3\%$; $4,45 \pm 0,5\%$ y $6,24 \pm 0,4\%$, respectivamente.

El mayor contenido proteico y lipídico de la dieta 2 se debe a que la misma contiene la mayor cantidad de harina de camarón, el cual se ha demostrado que posee concentraciones de proteínas y lípidos superiores al 50% y 10%, respectivamente (Ramírez, 2008).

Las proteínas constituyen el mayor componente de los tejidos orgánicos, llegando a representar hasta el 75% con base en materia seca. Por tanto los animales deben consumir proteínas, con el fin de llenar los requerimientos de aminoácidos. Una vez que la proteína es ingerida, ésta debe ser digerida o hidrolizada, hasta liberar los aminoácidos libres, los cuales son absorbidos a nivel de la porción anterior del intestino delgado y distribuidos por la sangre a los diferentes órganos y tejidos, donde los aminoácidos son posteriormente utilizados para sintetizar nuevas proteínas (Halver, 1980).

Tabla 1. Composición bromatológica de dietas utilizadas para la alimentación de los alevines de *Colossoma macropomum*.

	Control	Dieta 1	Dieta 2
Proteínas	36,6 ± 1,42 ^a	40,9 ± 3,93 ^b	47,8 ± 0,41 ^c
Lípidos	4,7 ± 0,49 ^a	8,4 ± 0,21 ^b	13,0 ± 0,37 ^c
Carbohidratos	21,0 ± 2,30 ^a	28,7 ± 3,28 ^b	30,3 ± 0,68 ^c
Humedad	6,5 ± 0,41 ^a	6,4 ± 0,19 ^a	5,9 ± 0,39 ^a
Cenizas	6,2 ± 0,39 ^a	7,6 ± 0,17 ^b	9,6 ± 0,22 ^c

Superíndices iguales en una misma fila indican diferencias no significativas ($p > 0,05$)

Tabla 2. Resumen del análisis de variancia del porcentaje proteico de las dos dietas estudiadas y la dieta control.

Fuente	Suma de cuadrado	Gl	Radio F	Valor P
Dietas	191,15	2	16,26	0,0038
Error	35,27	6		
Total	226,42	8		

Tabla 3. Resumen de la prueba de intervalos múltiples Scheffé $\alpha=0,05$ del porcentaje proteico de las dos dietas estudiadas y la dieta control.

Dietas	Porcentajes proteicos.(promedios)	Grupos homogéneos
Control	36,6	
1	40,9	
2	47,8	

Las proteínas son continuamente usadas por el animal, bien sea para formar tejidos nuevos, como sucede en el crecimiento y en la reproducción, o para reparar el desgaste

normal de los tejidos; en consecuencia, el animal presenta una necesidad diaria de consumo de proteínas o aminoácidos. Igualmente se ha observado que si la dieta no suministra una adecuada cantidad de proteína a los peces, se presenta una reducción o cesación de crecimiento y finalmente pérdida de peso, debido a que los animales retiran proteínas de varios tejidos con el fin de mantener las funciones de órganos vitales. Así mismo, si se suministra mucha proteína, en exceso de las necesidades nutricionales, un menor porcentaje de esta proteína, se empleará para formar nuevos tejidos y el resto será utilizada con fines energéticos (Halver, 1980).

Según Harris (1980), las dietas para peces, bien sean artificiales o naturales, deben ser ricas en proteínas. La cantidad requerida de este nutriente en dietas artificiales, depende de la composición de los aminoácidos de la dieta. Los peces como otros animales no presentan necesidades absolutas de proteínas, pero demandan una mezcla bien balanceada de aminoácidos indispensables y dispensables. Igualmente, el nivel óptimo de proteína varía con la especie íctica, el efecto de las distintas condiciones ambientales y las diferentes prácticas de manejo.

Estudios como los realizados por Sandifer y Joseph (1976) y Stanley y Moore (1983) han señalado niveles de 25% de proteínas como óptimo para el crecimiento de *M. rosenbergii*. No obstante, algunos estudios no muestran diferencias en el crecimiento y supervivencia de juveniles de *M. rosenbergii* en márgenes de 15-35% de proteínas (Balazs y Ross, 1976). Otros autores han señalado óptimos resultados en el crecimiento de *M. rosenbergii* con niveles entre 40-50% (Molina-Vozzo *et al.*, 1995). Los anteriores comentarios permiten inferir que las dietas experimentales ensayadas en esta investigación satisfacen los requerimientos proteicos de *M. rosenbergii*, ya que éstas poseen entre 41-47% de proteínas totales.

Con relación a los peces, cabe señalar que el índice proteico es específico de cada especie. En este sentido se han realizado estudios con alevines de diversas especies ícticas, los cuales mostraron tener requerimientos proteicos diferentes, como las especies

Salmo gairdneri (40–45%), Zeitoun (1973); *Chanos chanos* (40%), Lim. *et al* (1979); *Micropterus* (45.2%), Anderson *et al* (1981); *Ctenopharyngodon idella* (41–43%), Jauncey, (1981); *Tilapia zilli* (35–40%), Winfree y Stickney (1981); *Oreochromis niloticus* (35%), Santiago *et al* (1982); *O. aureus* (56%), Toledo *et al* (1983); *O. niloticus* (28–30%), De Silva y Perera (1985); *Colossoma macropomum* y *Morone saxatilis* entre (30-47%), Millikin (1982) y Halver (1985).

De igual forma que para *M. rosebergi*, las dietas experimentales, analizadas en esta investigación, muestran ser adecuadas para la alimentación de diferentes especies de peces, debido a que su contenido proteico se encuentra dentro de los rangos reportados por la mayoría de los autores.

Otra de las macromoléculas de mucha importancia en la nutrición de especies acuáticas cultivadas son los lípidos. En la tabla 1 se muestra el contenido lipídico de las dietas ensayadas, donde se observa un mayor porcentaje de lípidos en la dieta 2.

Tabla 4. Resumen del análisis de variancia del porcentaje de lípidos de las dos dietas estudiadas y la dieta control.

Fuente	Suma de cuadrado	Gl	Radio F	Valor P
Dietas	68,74	2	561,36	0,0001
Error	0,18	6		
Total	68,92	8		

Tabla 5. Resumen de la prueba de intervalos múltiples Scheffé $\alpha=0,05$ del porcentaje lipídico de las dos dietas estudiadas y la dieta control.

Dietas	Porcentajes de Lípidos. (promedios)	Grupos homogéneos
Control	4,74	
1	8,41	
2	13,01	

El estudio del contenido de lípidos que presentan los alimentos es importante, debido a que estos compuestos son una fuente concentrada de energía y de nutrientes esenciales que promueven el crecimiento y sobrevivencia de los peces de aguas frías, medias y cálidas. Además actúan como vehículo para la absorción de las vitaminas liposolubles. La concentración lipídica de las dietas analizadas en este trabajo satisface las demandas energéticas de numerosos organismos cultivados. Al respecto, Tacón (1989) señaló que especies de peces omnívoros requieren un 7% de lípidos totales, mientras que camarones marinos poseen requerimientos lipídicos de un 11%.

Los lípidos, especialmente fosfolípidos y esteroides, desempeñan un papel fundamental en la estructura de las membranas biológicas, tanto a nivel celular y subcelular. Además, están relacionados con el sabor y consistencia no sólo de los alimentos consumidos por los peces, sino que influyen positivamente en las características organolépticas del filete de los mismos. Además, los lípidos constituyen la estructura de muchas sustancias como hormonas, intervienen en el metabolismo de otras, y forman las cadenas de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), las cuales son precursores de las prostaglandinas (Halver, 1980).

Con respecto a los carbohidratos, los cuales son considerados como la forma menos costosa de la energía dietética, tanto para el hombre como para los animales domésticos, su contenido fue superior en la dieta 2 (Tabla 1).

Tabla 6. Resumen del análisis de variancia del porcentaje de carbohidratos de las dos dietas estudiadas y la dieta control.

Fuente	Suma de cuadrado	Gl	Radio F	Valor P
Dietas	149,24	2	13,59	0,0059
Error	32,95	6		
Total	182,19	8		

Tabla 7. Resumen de la prueba de intervalos múltiples Scheffé $\alpha=0,05$ del porcentaje de Carbohidratos de las dos dietas estudiadas y la dieta control.

Dietas	Porcentajes de Carbohidratos.(promedios)	Grupos homogéneos
Control	20,99	
1	28,71	
2	30,33	

El mayor porcentaje de carbohidratos presentes en las dietas 1 y 2 se debe al incremento del contenido de almidón que sirvió como aglutinante del resto de los ingredientes.

En peces y camarones no se ha establecido un requerimiento absoluto de carbohidratos en la dieta, debido a que éstos son considerados nutrientes no esenciales para su alimentación (FAO, 1989). Esto contrasta marcadamente con lo establecido para las proteínas y lípidos, nutrientes para los cuales ya se han establecido requerimientos dietéticos específicos para ciertos aminoácidos y ácidos grasos esenciales. En gran medida esto se debe a: los hábitos alimenticios carnívoros/omnívoros de la mayoría de las especies de peces y crustáceos cultivados; la habilidad de los peces y camarones para sintetizar carbohidratos (p. ej., glucosa) a partir de substratos que no sean carbohidratos, tales como proteínas y lípidos (gluconeogénesis) y la capacidad de los peces y crustáceos para satisfacer sus requerimientos energéticos a partir del catabolismo únicamente de proteínas y lípidos, si es necesario.

La habilidad de peces carnívoros para hidrolizar o digerir carbohidratos complejos es limitada debido a la debilidad en el tracto digestivo (Spannhof y Plantikow, 1983). Así, para especies tales como la trucha, conforme aumenta la proporción de almidón en la dieta, disminuye su digestibilidad (Singh y Nose, 1967; Bergot y Breque, 1983). Aún más, en ensayos de alimentación de mayor duración con peces carnívoros (como los salmónidos) se ha observado que elevados niveles de carbohidratos en la dieta disminuyen el crecimiento, elevan los niveles de glicógeno en el hígado y eventualmente causan mortalidad (Phillips, 1948). Caso contrario sucedió con los resultados obtenidos

en este estudio, donde a medida que aumentaba la proporción de carbohidratos en la dieta de *C. macropomum* aumentaba su crecimiento, tal como ocurre con otros peces omnívoros o herbívoros de agua caliente, tales como la carpa (*Cyprinus. carpio*), bagre de canal (*Ictalurus punctatus*), tilapia (*O. niloticus*) y la anguila (*Anguila japonica*), los cuales han mostrado ser más tolerantes para niveles elevados de carbohidratos, siendo utilizados más eficientemente los carbohidratos como fuente de energía o bien el exceso es almacenado en forma de lípidos corporales (Chiou y Ogino, 1975; Robinson y Wilson, 1985; Anderson, 1984; Degani *et al* , 1986).

Otra importancia de los carbohidratos en las dietas para peces y camarones tiene que ver con su participación como precursores de varios compuestos metabólicos intermediarios, indispensables en el crecimiento y desarrollo, por ejemplo, aminoácidos esenciales y ácidos nucleicos. Por lo tanto, la ausencia de carbohidratos en la ración alimenticia obliga a los peces a disponer únicamente de la proteína para cubrir sus necesidades energéticas; pero cuando otras fuentes de energía están presentes en el alimento, la proteína puede ser utilizada para funciones de crecimiento y reproducción y no se emplea en su totalidad como fuente energética. En consecuencia, los carbohidratos sirven para aumentar la eficiencia de la proteína dietética (Garling y Wilson, 1977).

La utilización de harina de yuca, como aglutinante del resto de los ingredientes, permitió obtener, en esta investigación, mayores crecimientos en los alevines de *C. macropomum*. Resultados similares se han obtenido con crustáceos, demostrándose que los componentes de las harinas vegetales (maíz, yuca, trigo, arroz y sorgo) son fundamentales, debido a que éstos participan, no sólo como fuente de energía, sino también como intermediarios en la síntesis de quitina (principal constituyente del exoesqueleto) y en la formación de componentes fundamentales como ácidos grasos y esteroides (Clifford y Brick, 1978; Kucharski y Da Silva, 1991; Cruz-Suárez, 1996).

El contenido de ácidos grasos de las dietas analizadas se muestra en la Tabla 8, donde se observa que en las dietas experimentales y en la control, el ácido graso

saturado que se presentó en mayor proporción fue el ácido graso 16:0 (palmítico) con concentraciones de 16,54% (dieta control); 17,10% (dieta 1) y 16,94% (dieta 2). Del grupo de los monoinsaturados, el que presentó mayor concentración fue el 18:1 n9 (oleico), observándose los siguientes valores: 20,39% (dieta control); 19,34% (dieta 1) y 18,12% (dieta 2). Con relación a los ácidos grasos poliinsaturados, el que más se destaca es el 18:2 n6 (linoleico) con valores de 26,35% (dieta control); 20,84% (dieta 1) y 16,64% (dieta 2). Es importante resaltar la presencia de los ácidos grasos poliinsaturados 18:3 n3 (linolénico) con concentraciones porcentuales de 2,09% (dieta 2); 1,98% (dieta control) y 1,96% (dieta 1), el ácido 20:4 n6 (araquidónico, ARA) con concentraciones porcentuales de 2,52% (dieta 2); 1,5 (dieta 1) y 0,35% (dieta control), el ácido 20:5 n3 (eicosapentanoico, EPA) con concentraciones de 4,35% (dieta control); 3,38% (dieta 1) y 2,92% (dieta 2) y el ácido 22:6 n3 (docosahexanoico, DHA) con concentraciones de 3,12% (dieta control); 2,52% (dieta 1) y 1,67% (dieta 2). La presencia de los ácidos grasos esenciales EPA, DHA y ARA en las dietas experimentales pudiera garantizar un incremento en la sobrevivencia de larvas de peces y camarones alimentados con ellas, debido a que Izquierdo (1996) y Koven *et al.* (2001) demostraron que alimentos para larvas de peces y crustáceos que contengan los mencionados ácidos grasos promueven el fortalecimiento del sistema inmune, lo cual disminuye las patologías asociadas con el estrés, inherente a las labores de cultivo.

Los animales terrestres muestran un mayor contenido de ácidos grasos de las series linoleicas (n-6), a saber 18:2 n-6 (ácido linoleico) y 20:4 n-6 (ácido araquidónico). Por el contrario, los ácidos grasos poliinsaturados, más abundantes en los tejidos de peces y crustáceos, tanto para especies dulceacuícolas como marinas, pertenecen a las series linolénicas (n-3) (Tacón, 1989). Sin embargo, en especies dulceacuícolas se han reportado niveles mayores de las series n-6, tal como se pudo observar en este estudio, donde el ácido linoleico presentó los mayores valores en las tres dietas. Posiblemente esto se deba a que la dieta para peces de agua dulce contiene elementos derivados a partir de fuentes terrestres (aves, vacuno) que consecuentemente son ricas en ácidos grasos de las series n-6 (Tacón, 1989).

Los animales son incapaces de sintetizar ácido linoleico (18:2n-6) y ácido α -linolénico (18:3n-3). La carencia de ambos ácidos grasos esenciales se manifiesta por signos específicos: falta de crecimiento, lesiones cutáneas, menor pigmentación de la piel, pérdida de tono muscular, cambios degenerativos en el riñón, pulmón e hígado, aumento en el metabolismo basal, alteraciones en la permeabilidad de las células, trastornos en el balance de agua y aumento en la susceptibilidad a las infecciones. Estas manifestaciones desaparecen al proporcionar un 2 % de la energía como ácidos grasos esenciales, especialmente ácido linoleico (Takeuchi *et al.*, 1996; Furuita *et al.*, 1996).

Tabla 8. Perfil de ácidos grasos de las dietas experimentales y control

Acidos grasos	Dieta Control	Dieta1	Dieta 2
10:0	0,14 ± 0,011	0,17 ± 0,016	0,21 ± 0,007
13:0	0,03 ± 0,002	0,05 ± 0,010	0,09 ± 0,004
iso 13:0	0,04 ± 0,002	0,08 ± 0,013	0,12 ± 0,002
14:0	5,84 ± 0,142	5,12 ± 0,356	4,47 ± 0,111
iso 14:0	0,17 ± 0,006	0,52 ± 0,038	0,84 ± 0,025
ante iso 14:0	0,05 ± 0,004	0,13 ± 0,010	0,20 ± 0,019
15:0	0,47 ± 0,013	0,88 ± 0,065	1,25 ± 0,057
iso 15:0	0,05 ± 0,007	0,15 ± 0,032	0,27 ± 0,006
16:0	16,54 ± 0,715	17,10 ± 0,825	16,94 ± 0,598
iso 16:0	0,32 ± 0,022	0,75 ± 0,043	1,13 ± 0,024
ante iso 16:0	0,06 ± 0,003	0,32 ± 0,005	0,59 ± 0,062
17:0	0,50 ± 0,070	1,45 ± 0,105	2,37 ± 0,092
iso 17:0	0,06 ± 0,006	0,06 ± 0,006	0,06 ± 0,012
18:0	4,49 ± 0,748	7,25 ± 0,439	9,23 ± 0,185
19:0	0,08 ± 0,004	0,20 ± 0,011	0,30 ± 0,010
20:0	0,58 ± 0,005	0,82 ± 0,048	0,93 ± 0,013
22:0	0,23 ± 0,021	0,52 ± 0,026	0,79 ± 0,056
23:0	0,07 ± 0,006	0,13 ± 0,017	0,21 ± 0,003
24:0	0,23 ± 0,022	0,46 ± 0,029	0,58 ± 0,055
∑ Saturados	29,95 ± 1,809	36,16 ± 2,094	40,58 ± 1,341
6:1 n9	0,17 ± 0,015	0,27 ± 0,016	0,44 ± 0,080
16:1 n7	5,41 ± 0,080	4,89 ± 0,124	4,75 ± 0,050
16:1 n5	0,12 ± 0,008	0,15 ± 0,021	0,21 ± 0,023
17:1 n7	0,16 ± 0,025	0,44 ± 0,043	0,62 ± 0,068
anteiso 17:1	0,05 ± 0,003	0,08 ± 0,007	0,13 ± 0,024
18:1 n9	20,39 ± 1,355	19,34 ± 0,526	18,12 ± 0,289
18:1 n7	3,01 ± 0,387	4,03 ± 0,104	4,99 ± 0,081
20:1 n11	0,12 ± 0,004	0,34 ± 0,041	0,63 ± 0,083
20:1 n9	0,93 ± 0,040	0,78 ± 0,017	0,62 ± 0,027
20:1 n7	0,22 ± 0,011	0,19 ± 0,012	0,16 ± 0,003
22:1 n9	0,10 ± 0,003	0,10 ± 0,014	0,09 ± 0,010
22:1 n7	0,38 ± 0,032	0,33 ± 0,038	0,28 ± 0,014
22:1 n5	0,14 ± 0,011	0,13 ± 0,015	0,12 ± 0,020
24:1	0,21 ± 0,029	0,22 ± 0,011	0,17 ± 0,018
∑ Monoinsaturados	31,41 ± 2,003	31,29 ± 0,989	31,33 ± 0,79
16:2	0,48 ± 0,062	0,33 ± 0,024	0,23 ± 0,016
16:3	0,48 ± 0,049	0,29 ± 0,036	0,17 ± 0,028
16:4	0,67 ± 0,118	0,21 ± 0,148	0,61 ± 0,718
18:2 n6	26,35 ± 0,633	20,84 ± 1,215	16,64 ± 0,862
18:3 n6	0,10 ± 0,014	0,10 ± 0,015	0,12 ± 0,022

Continuación de la tabla 8.

Acidos grasos	Dieta Control	Dieta 1	Dieta 2
18:3 n3	1,98 ± 0,226	1,96 ± 0,157	2,09 ± 0,210
18:4 n3	0,73 ± 0,128	0,52 ± 0,038	0,33 ± 0,050
20:4 n6	0,35 ± 0,057	1,51 ± 0,174	2,52 ± 0,280
20:5 n3	4,35 ± 0,575	3,38 ± 0,608	2,92 ± 0,567
22:3 n3	0,17 ± 0,023	0,24 ± 0,014	0,29 ± 0,049
22:5 n3	0,91 ± 0,144	0,76 ± 0,127	0,74 ± 0,042
22:6 n3	3,12 ± 0,542	2,52 ± 0,423	1,67 ± 0,226
22:2 n6	0,14 ± 0,051	0,12 ± 0,016	0,08 ± 0,011
∑ Poliinsaturados	39,83 ± 2,622	32,78 ± 2,995	28,41 ± 3,081

En general, los peces dulceacuícolas de agua fría muestran un requerimiento exclusivo para los ácidos grasos poliinsaturados de las series n-3 (18:3 n-3, 20:5 n-3, 22:6 n-3) en su dieta, mientras que las especies dulceacuícolas de zonas cálidas requieren ambas series de ácidos grasos poliinsaturados tanto las n-3 como las n-6 (Kanazawa y Teshima, 1985).

Durante la realización de este estudio se encontraron una diversidad de ácidos grasos poliinsaturados y entre estos los ácidos grasos esenciales, como el α -linolénico (18:3 n-3), araquidónico (20:4 n-6), eicosapentanoico (20:5 n-3) y el docosahexaenoico (22:6 n-3). Cabe señalar que de alimentarse tanto a peces como camarones con dietas deficientes en estos ácidos grasos esenciales (AGE), probablemente se presentará una disminución en el crecimiento y sobrevivencia, así como una pobre eficiencia de conversión alimenticia. Estos síntomas no ocurrieron en esta investigación, ya que las dietas experimentales analizadas poseen cantidades significativas de los anteriores ácidos grasos, lo cual permitió obtener un buen crecimiento y supervivencia de los alevines de cachama, como se discutirá mas adelante.

Con respecto a la humedad no se encontraron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre las dos dietas estudiadas y la dieta control con un promedio de 6,3%, encontrándose éstas dentro de los parámetros deseados ya que se esperaba obtener dietas con un porcentaje inferior al 8% de humedad para evitar la proliferación de hongos y

bacterias que pudieran dañar el alimento o en su defecto causarle alguna enfermedad a los peces y producirles la muerte.

En cuanto a las cenizas se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las dos dietas estudiadas y la dieta control, con 6,2% para la dieta control y 7,6% para la dieta 1; sin embargo, la dieta 2 presentó el mayor porcentaje de cenizas con 9,6%; esto posiblemente se deba a la mayor cantidad de camarón que contenía esta dieta y por ende una mayor cantidad de exoesqueleto que son ricos en materia inorgánica, esto se puede apreciar en la tabla N° 1 donde se observa que a medida que se aumenta la cantidad de camarón aumenta el porcentaje de cenizas.

Ensayo De Alimentación De Alevines De Cachama (*Colossoma macropomum*)

En la figura 2, se observa el crecimiento de alevines de *C. macropomum* alimentados con las tres dietas durante 36 días. Los análisis estadísticos revelaron diferencias no significativas ($P > 0,05$) entre las masas de los alevines obtenidas en las tres dietas, observándose que el mayor promedio en masa a los 22 días de cultivo fue en la dieta control con $7,77 \pm 2,24$ g. Al final del ensayo (36 días), este parámetro alcanzó un valor en la dieta 2 de $10,78 \pm 2,64$ g. Estos resultados concuerdan con los reportados por Figueredo *et al.* (1989), en alevines de *Piaractus mesopotamicus* alimentados con una dieta balanceada peletizada y particulada con 30% de proteína durante 30 días, donde se obtuvieron organismos con masas promedios entre 9,7 y 13,1 g.

Los resultados del índice de conversión alimenticia, tasa de crecimiento absoluto y sobrevivencia de alevines de *C. macropomum*, al término del período experimental de 36 días, se presentan en la tabla 9.

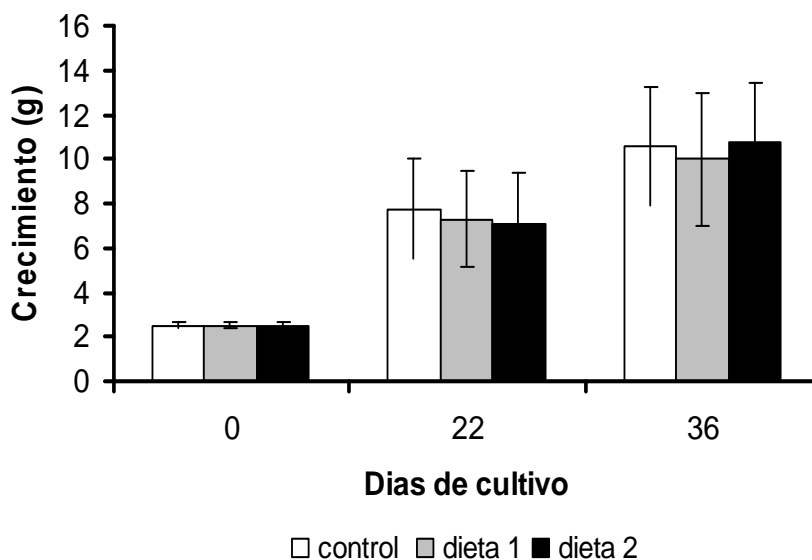


Figura 2. Crecimiento de alevines de *Colossoma macropomum*, alimentados con tres dietas.

Tabla 9. Resultados de crecimiento, factor de conversión alimenticia y sobrevivencia de alevines de *C. macropomum*, al término del período experimental de 36 días, alimentados con las tres dietas.

	Control	Dieta 1	Dieta 2
Peso inicial (g)	2,5± 0,12 ^a	2,5 ± 0,48 ^a	2,5 ± 0,70 ^a
Peso final (g)	10,6 ± 2,65 ^a	10,0± 2,98 ^a	10,8 ± 2,64 ^a
Índice de conversión alimenticia	1,7 ^a	1,8 ^a	1,7 ^a
Tasa de crecimiento (g/día)	0,2 ± 0,03 ^a	0,2 ± 0,02 ^a	0,2 ± 0,01 ^a
Sobrevivencia (%)	83,3 ± 3,51 ^a	86,7 ± 1,53 ^b	90,0 ± 0,00 ^c

Superíndices iguales en una misma fila indican diferencias no significativas ($p > 0,05$)

Los índices de conversión alimenticia no mostraron diferencias significativas entre las dietas experimentales y la dieta control ($P > 0,05$), observándose igual comportamiento en las dietas control y dieta 2, ambas con un valor de 1,7; mientras que la dieta 1 presentó un ligero incremento con un valor de 1,8. La tasa de crecimiento

absoluto fue similar en todas las dietas ($P > 0,05$) con un valor promedio de $0,22 \pm 0,03$ g/día. Por su parte, los porcentajes de sobrevivencia fueron significativamente superiores ($P < 0,05$) en la dieta 2, con un valor de 90,0%.

En este sentido, Granado (1995), al evaluar el crecimiento de la cachama sembrada en jaulas flotantes, obtuvo un índice de conversión alimenticia de 1,65:1; el cual es un valor de igual efectividad que los presentados en este trabajo. Bautista *et al* (1999), al alimentar alevines de cachama con dietas contentivas de pulpa de café ensilada, reportó valores comprendidos entre 4,2:1 y 6,2:1, los cuales son altos si se comparan con los del presente experimento. Ulloa *et al* (2002), al alimentar alevines de tilapia (*O. aureus*), alojadas en acuarios con dietas contentiva de 0, 13, 26 y 39% de pulpa de café (PC), obtuvieron valores de conversiones alimenticias de 1,2:1 y 1,3:1 para las dietas con 0 y 13% de PC. Los mismos autores evaluaron las mismas dietas en alevines de tilapia sembradas en jaulas dentro de lagunas, y obtuvieron las mayores eficiencias en las dietas con 0, 13 y 26% de PC, con valores de 1,7:1; 1,8:1 y 1,8:1, respectivamente. Estos resultados obtenidos fueron similares a los reportados en el presente ensayo.

La tasa de crecimiento absoluto de los peces de este experimento fue similar a la obtenida por Saint-Paul y Werder (1981), quienes indicaron ganancias de 0,2-0,9 g/día en *C. macropomum*, mientras que Pérez (2000), al alimentar alevines de cachama con un peso promedio inicial de 8,13 g con diferentes contenidos de proteínas, reportó una tasa de crecimiento de 1,8 g/día; sin embargo, en el presente estudio no se observó diferencia significativa en la tasa de crecimiento entre las dos dietas experimentales y la dieta control.

A pesar de que se observaron diferencias significativas en el porcentaje de sobrevivencia alcanzado, éste fue alto en los tres tratamientos; sin embargo, la mortalidad registrada se debió a fallas eléctricas que se presentaron en la estación donde se llevó a cabo el experimento; debido a esto se detuvieron por varias horas las bombas que surtían de oxígeno a los acuarios lo que produjo la muerte de varios alevines por

falta de oxígeno. La sobrevivencia reportada por Fontes *et al.* (1990), trabajando con híbridos de *Piaractus mesopotamicus* (hembra) x *C. macropomum* (macho), son similares a los obtenidos en esta experiencia. Figueredo *et al.* (1989), en un trabajo realizado con *P. mesopotamicus*, lograron sobrevivencias de 100%, 99,9% y 99,8%, respectivamente; sin embargo, Díaz y López (1993) consiguieron en 30 días de crianza de *C. macropomum*, 25 g de peso promedio final y 55% de sobrevivencia, observándose mejores resultados en el presente trabajo.

Los parámetros ambientales registrados durante los 36 días de cultivo, que incluyeron temperatura del agua, oxígeno disuelto y pH fueron $26,35 \pm 0,52^{\circ}\text{C}$, $5,57 \pm 0,71$ mg/l y $6,98 \pm 0,45$, respectivamente. Estos valores se mantuvieron dentro del margen establecido para el cultivo de la especie según lo señalado por Boyd (1996), y fueron muy similares para todas las dietas, por lo que se piensa que no hayan influido negativamente en el crecimiento de los peces, ni en su sobrevivencia.

El comportamiento positivo en el crecimiento, ICA y la sobrevivencia con el incremento de la harina de camarón en las dietas 1 y 2 respecto al control confirman en buena medida la calidad nutricional de este ingrediente para la especie *C. macropomum*. Los datos obtenidos en esta investigación corroboran los resultados reportados por Pérez (2000), donde obtuvo un mejor crecimiento de alevines de cachama con dietas que contenían el mayor porcentaje de proteínas y lípidos, al igual que en el presente experimento; sin embargo, con las dietas 1 y 2 se logró obtener un mejor índice de conversión alimenticia que el reportado por Pérez (2000). Por otro lado, Luna *et al* (2007), al alimentar postlarvas de *Macrobrachium rosenbergii* con dos dietas comerciales empleadas actualmente en cultivo de peces dulceacuícolas, obtuvieron los mejores resultados de crecimiento y sobrevivencia en la dieta que contenía la mayor cantidad de carbohidratos al igual que lo ocurrido en esta investigación en la dieta 2.

En vista que la dieta 2 arrojó los mejores resultados, y comparadas con los resultados de otros autores, posiblemente esta dieta satisfaga los requerimientos

nutricionales de muchos peces y camarones como es el caso de *C. macropomum* y el camarón *M. rosenbergii*, esto hace a la dieta 2 ideal para ser utilizada en el policultivo de estas dos especies, como una manera de aumentar la productividad y simplificar el manejo en el cultivo, al utilizar el mismo alimento para peces y camarones. No obstante, es recomendable realizar estudios de policultivo analizando factores como el tamaño de las postlarvas y/o alevines a sembrar y densidades, como una manera de minimizar impactos negativos en el crecimiento y sobrevivencia de ambas especies al competir por espacio y alimento.

CONCLUSIONES

La harina del camarón *Macrobrachium* sp. posee los componentes nutricionales requeridos (proteínas, carbohidratos, lípidos y ácidos grasos) para ser incluida en la formulación de dietas para peces sometidos a cultivos.

Un aumento en la cantidad de carbohidratos en la dieta se traduce en un mejor crecimiento de los alevines de cachama.

Las dietas experimentales (1 y 2) fueron las que produjeron un mayor crecimiento y sobrevivencia de los alevines de *Colossoma macropomum*.

El índice de conversión alimenticia en los alevines alimentados con las diferentes dietas resultó ser eficiente comparada con otros estudios.

RECOMENDACIONES

Realizar dietas con un mayor porcentaje de harina de camarón para tratar de disminuir total o parcialmente la inclusión de harina de pescado importada y de esta manera abaratar aún más los costos en la producción.

Realizar ensayos a mayor escala para observar la influencia de las dietas sobre el crecimiento y sobrevivencia de los alevines de *Colossoma macropomum*.

BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, J.; Kienholz, E. y Flickinger, S. 1981. Protein requirements of smallmouth bass and largemouth bass. *J. Nutr.*, 11: 1085–1097.
- Anderson, J. 1984. Effects of dietary carbohydrate and fiber on the tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 37: 303–314.
- AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis of the Assoc. of Off. Anal. Chemists*. Eilliam Horritz, (ed). Washington DC, U.S.A.
- Balazs, G. y Ross, E. 1976. Effect of protein source and level on growth and performance of the captive freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture*, 7: 299-313.
- Bautista, E.; Useche, M.; Pérez, P. y Linares, F. 1999. Utilización de la pulpa de café ensilada y deshidratada en la alimentación de cachama. En: *Pulpa de café ensilada, producción, caracterización y utilización en la alimentación animal*. Ramírez, J. (ed). Universidad Nacional Experimental del Táchira, Decanato de Investigación. Venezuela. 109-135.
- Bergot, F. y Breque, J. 1983. Digestibility of starch by rainbow trout: effects of the physical state of starch and of the intake level. *Aquaculture*, 34: 203–212.
- Bligh, E. y Dyer, W. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37: 911-917.
- Boyd, C. 1996. *Manejo de suelos y de la calidad de agua en la acuicultura de piscinas*. Asociación Americana de Soya (ASA). Caracas, Venezuela.
- Camargo, C.; Vidal, M.; Donzele, J.; Andrade, D. y Santos, L. 1998. Níveis de energia metabolizável para tambaqui (*Colossoma macropomum*) dos 30 aos 180 gramas de peso vivo. Composição das carcaças. *Rev. Bras. Zoot.*, 27 (3): 409-415.
- Castagnolli, N. 1977. *Fundamentos de nutricio de peixes*. Licroceres. Brasil.
- Chiou, Y. y Ogino, C. 1975. Digestibility of starch in carp. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 41: 465– 466.
- Clifford, H. y Brick, R. 1978. Protein utilization in the freshwater shrimp *Macrobrachium rosenbergii*. *Proc. World Maricult. Soc.*, 9: 195-208.
- Coelho, P.; Barreto, A. y Costa, K. 1987. Cuantitativa de um cultivo de camarao canela *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862). *Trab. Oceanog. Univ. Fed. PE. Recife*, 20: 203-212.
- Cruz-Suárez, L. 1996. Digestión en camarón y su relación con formulación y fabricación de alimentos balanceados. En: *Avances en Nutrición Acuicola III. Memorias del tercer Simposium Internacional de Nutrición Acuicola*. Cruz-Suárez L., Ricque-Marie, D. y Mendoza-Alfaro, R. (eds.). Monterrey, Nuevo León. 207-232.
- De Silva, S. y Perera, M. 1985. Effects of dietary protein level on growth, food conversion, and protein use in young *Tilapia nilotica* at four salinities. *Trans Amer. Fish. Soc.*, 114: 584–589.
- Degani, G.; Viola, S. y Levanon, D. 1986. Effects of dietary carbohydrate source on growth and body composition of the european eel (*Anguilla anguilla*). *Aquaculture*, 52: 97–104.

- Díaz, F. y López, A. 1995. El cultivo de la Cachama Blanca (*Piaractus brachypomus*) y de Cachama Negra (*Colossoma macropomum*). En: Comparación morfométrica entre machos y hembras de Cachama Negra (*Colossoma macropomum*, Cuvier 1818) mantenidos en estanque. Pineda, H.; Restrepo, L. y Olivera M. (eds). *Rev Col Cienc Pec.*, 17: 24-29.
- Díaz, F. y López, R. 1993. *EL cultivo de la "cachama blanca" (Piaractus brachypomus) y de la "cachama negra" (Colossoma macropomum)*. *Fundamentos de Acuicultura Continental*. Ministerio de Agricultura, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA). Bogotá, Colombia.
- Dubois, M.; Gilles, K.; Hamilton, J.; Rebers, P. y Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, 2: 350-356.
- El'Sayed, A. 1999. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia (*Oreochromis* sp.). *Aquaculture.*, 179: 149-168.
- FAO. 1989. *Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados. Manual de capacitación*. Proyecto GCP/RLA/ 102/ ITAL. Brasil.
- Figuereido, G.; Senhorini, J. y Fontes, N. 1989. Desenvolvimento do "paco" (*Piaractus mesopotamicus*) em diferentes densidades de estocagem. En: *20 Relatório Técnico Aquaculture-Brasil*. Pirassununga: CEPTA. Brasil. 34-42.
- Fontes, N.; Senhorini, J. y Lucas, A. 1990. Efeito de duas densidades de estocagem no desempenho larval de « paco » *Piaractus mesopotamicus* (Homberg, 1 887) x *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) em viveiros. *Bol. Téc. CEPTA, Pirassununga*, 3: 23-32.
- Furuita, H.; Takeuchi, T.; Watanabe, T.; Fujimoto, H.; Sekiya, S. e Imaizumi, K. 1996. Requirements of larval yellowtail for eicosapentaenoic acid, docosahexaenoic acid, and n-3 highly unsaturated fatty acid. *Fish. Sci.*, 62 (3): 372-379.
- Galindo, J. 2000. Evaluación de niveles y fuentes de proteína en la dieta de juveniles del camarón blanco *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1939), (Crustacea, Decapoda, Panaeidae). *Wiñay Yachay* 4(2): 17-47.
- Garling, D. y Wilson, R. 1977. Effects of dietary carbohydrate to lipid ratios on growth and body composition of fingerling channel catfish. *Fish Cult.*, 39: 43-47.
- González, F. 2001. *Avances en el desarrollo de la acuicultura marina*. Instituto de Estudios Económicos. Fundación Pedro Berrié de la Maza. Madrid. España.
- González, J. y Heredia, B. 1989. El cultivo de la cachama (*Colossoma macropomum*). Maracay, Ven. Estación Experimental Guárico, Sub-Estación Guanapito. FONAIAP. En Manejo y reproducción de carácidos. Landines M. y Mojica H. (eds). *INCODER*, 4: 91 -104.
- González, J. y Heredia, B. 1998. *El cultivo de la cachama (Colossoma macropomum)*. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Centro de Investigaciones del Estado Guárico. 2^{da} edición. Maracay.
- Granado, A. 1995. Crecimiento del morocoto *Piaractus brachypomus* (*Osteichthyes, Characiformes*) en jaulas flotantes. *Rev. Lat. Acui.*, 44: 81-88.
- Graziani, C.; Moreno, C. y Orta, T. 1998. Efecto de la inseminación natural y artificial en la reproducción de *Macrobrachium jelskii* (Miers) (DECAPODA: PALAEMONIDAE). *Inst. Ocean. Ven.*, 37(1-2): 35-42.

- Halver, J. 1980. *Proteins and aminoacids. Fish Feed technology. United Nations Development programme.* Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Roma. Italia.
- Halver, J. 1985. Recent advances in vitamin nutrition and metabolism in fish. En: *Nutrition and feeding in fish.* Cowey, C.; Machkie, A. y Bell, J. (eds). Academic Press, London. 415–429.
- Hardy, R. y Sullivan, C. 1983. Canola meal in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) production diets. *Can. J. Fish. Aquacult.*, 40: 281-286.
- Harris, L. 1980. *Feedstuffs. Fish Feed technology. United Nations Development programme.* Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Roma. Italia.
- Henderson, R. 1996. Fatty acid metabolism in freshwater fish with particular reference to polyunsaturated fatty acids. *Arch. Anim. Nutr.*, 49: 5-22.
- Herbert, D.; Phipps, P. y Stranse, R. 1971. Chemical analysis of microbial cell. *Meth. Microbiol.*, 5: 209-244.
- Hernández, A.; Muñoz, D.; Feraz de Lima, J.; De Fex, R.; Vásquez, W.; González, R.; Morales, R.; Alcántara, F.; Luna, T.; Kossowski, C.; Pérez, L.; Mora, J.; Contreras, P.; Díaz, F.; Fadul, E y Montoya, P. 1992. Estado actual del cultivo de *Colossoma* y *Piaractus* en Brasil, Colombia, Panamá, Perú, y Venezuela. *Biol. Red Acuic.*, 6 (3-4): 3 – 28.
- Higgs, A.; McBride, J.; Markert, J.; Dosanjh, B.; Plotnikoff, M. y Clarke, W. 1982. Evaluation of tower and candle rapeseed (canola) meal and Bronowski rapeseed protein concentrate as protein supplements in practical dry diets for juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Aquacult.*, 29: 1-31.
- Hopkins, K. 1992. Reporting fish growth: A review of the basis. *J. World Aquacult. Soc.*, 23 (3): 173-179.
- Huet, M. 1973. *Tratado de Piscicultura.* Editorial Mundi-Prensa. Madrid.
- Izquierdo, M. 1996. Essential fatty acid requirements of cultured marine fish larvae. *Aqua. Nutr.*, 2: 183-191.
- Jauncey, K. 1981. The effects of varying dietary composition on mirror carp (*Cyprinus carpio*) maintained in thermal effluents and laboratory recycling systems. En: *Proceedings of World Symposium on Aquaculture in Heated Effluent and Recirculation Systems.* Berlin. 247–261.
- Kanazawa, A. 1980 Requirements of *Tilapia zilli* for essential fatty acids. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 46: 1353–1356.
- Kanazawa, A.; Teshima, S. y Sakamoto, M. 1985. Effects of dietary lipids, fatty acids, and phospholipids on growth and survival of prawn (*Penaeus japonicus*) larvae. *Aquac.*, 50: 39–40.
- Koven, W.; Barr, Y.; Lutzky, S.; Ben-Atia, I.; Weiss, R.; Harel, M.; Behrens, P.; y Tandler, A. The effect of dietary arachidonic acid (20:4 n-6) on growth, survival and resistance to handling stress in gilthead seabream (*Sparus aurata*) larvae. *Aquaculture*, 193: 107-122.
- Kucharski, L. y Da Silva, R. 1991. Effect of diet composition on the carbohydrate and lipid metabolism in an estuarine crab, *Chasmagnathus granulata* (Dana, 1851). *Comp. Biochem. Physiol.*, 1: 215-218.

- Lim, C.; Sukhawongs.; S. y Pascual, P. 1979. A preliminary study on the protein requirement of *Chanos chanos*, (Forsk.) fry in a controlled environment. *Aquac.*, 17: 195–201.
- Lowry, O.; Rosebrough, H.; Farr, A. y Randall, R. 1951. Protein measurement with the folin-phenol reagent. *J. Biolog. Chemiz.*, 193: 265-275.
- Luna, M.; Graziani, C.; Villarroel, E.; Lemus, M.; Lodeiros, C. y Salazar, G. 2007. Evaluación de tres dietas con diferente contenido proteico en el cultivo de postlarvas del langostino de río *Macrobrachium rosenbergii*. *Zootec. Trop.*, 25(2): 111-121.
- Millikin, R. 1982. Qualitative and quantitative nutrient requirements of fishes: A review. *Fish. Bull.*, 80: 655–686.
- Molina-Vozzo, R.; Heinen, J. y D'Abramo, L. 1995. Supplementation of commercial feeds with beef liver for indoor nursery culture of freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii*. *J. World Aquacult. Soc.*, 26(1): 103-106.
- Nacional Research Council (NRC). 1977. *Nutrient Requirements of water fish*. National Academia Press. Washington. U.S.A.
- New, M. y Singholka, S. 1982. *Freshwater prawn farming: a manual for the culture of Macrobrachium rosenbergii.*, FAO Fisheries Technical Paper. Roma. Italia.
- Pereira, G. 1992. *Los Camarones del Género Macrobrachium (Decapoda, Palaemonidae) de Venezuela. Taxonomía y Distribución.* Trabajo de Ascenso. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias. Caracas, Venezuela.
- Pérez, P. 2000. Efecto del contenido proteico y energético de dietas en el crecimiento de alevinos de gamitana (*Colossoma macropomum*). *Fol. Amaz.*, 10: 1-2.
- Phillips, A. 1948. The utilization of carbohydrates by trout. *Fish. Res. Bull.*, 11: 44-55.
- Ramírez, E. 2008. *Contenido de proteínas, carbohidratos y análisis lipídico del camarón dulceacuícola Macrobrachium sp. sometido a condiciones de cultivo.* Tesis de Pregrado. Departamento de Química. Universidad de Oriente. Venezuela.
- Robinson, H. y Wilson, R. 1985. Nutrition and feeding. In: Channel catfish culture en *Developments in Aquaculture and Fisheries Science, Vol. 15.* Tucker C. (ed). Amsterdam. 323–404.
- Roubach, R. y Saint-Paul, U. 1994. Use of fruits and seeds from Amazonian inundated forest in feeding trials with *Colossoma macropomum* (Pisces: Characidae). *J. Appl. Ichth.*, 10: 134-140.
- Saint-Paul, U. 1986. Potencial for aquaculture of South American freshwater fishes: A review. *Aquaculture.*, 54: 205-240.
- Saint-Paul, V. y Werder, V. 1981. *The potential of some Amazonian fishies for warm water aquaculture. Proc. World Symp. On Aquaculture in heated Effluents and Recirculation Systems. Vol. II.* Heenemenn y CO. Berlin.
- Sandifer, A. y Joseph, D. 1976. Growth responses and fatty acid composition of juvenile prawns (*Macrobrachium rosenbergii*) fed a prepared ration augmented with shrimp head oil. *Aquacult.*, 8: 129-138.
- Santiago, C.; Banes-Aldaba, M. y Laron, M. 1982. Dietary crude protein requirement of *Tilapia nilotica* fry. *Philipp. J. Biol.*, 11: 255–265.
- Sato, N. y Murata, N. 1988. Membrana lipids. *Meth. Enzim.*, 167: 251-259.

- Singh, R. y Nose, T. 1967. Digestibility of carbohydrate in young rainbow trout. *Bull. Freshw. Fish. Res. Lab. Tokyo*, 17: 21–25.
- Spannhof, L. y Plantikow, H. 1983. Studies on carbohydrate digestion in rainbow trout. *Aquaculture*, 30:95–108.
- Stanley, W. y Moore, B. 1983. The growth of *Macrobrachium rosenbergii* feeds in pond cages. *J. World Maricult. Soc.*, 14: 174-184.
- Tacón, G. 1989. Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados. Actividades regionales de acuicultura para América Latina. En: *Nutritional value of cowpea (Vigna unguiculata) meals as ingredients in diets for Pacific white shrimp (Litopenaeus vannamei)*. Rivas, M.; Goytortúa, E.; Ezquerro, J.; Salazar, M.; Cruz, L.; Nolasco, H. y Civera, R. (eds). *Elsevier.*, 41–49.
- Takeuchi, T.; Masuda, R.; Ishizaki, Y.; Watanabe, T.; Kanematsu, M.; Imaizumi, K. y Tsukamoto, K. 1996. Determination of the requirement of larval striped jack for eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid using enriched *Artemia nauplii*. *Fish. Sci.*, 62 (5): 760-765.
- Toledo, J.; Cisneros, J. y Ortiz, O. 1983. Requerimientos nutricionales en alevines de *Oreochromis aureus* (*T. nilotica*). I. Nivel óptimo de proteína con dietas purificadas. *Rev. Lat. Acui.*, 18(1): 8–12.
- Ulloa, R.; Van Weerd, J.; Huissman, E. y Verreth, J. 2002. Tropical agricultural wastes and by-products, their potential uses in fish culture: The Costa Rican situation. En: *Use of coffee pulp as feed ingredient for tilapia (Oreochromis sp) culture*. Ulloa, J. B. (ed). Wageningen University. Wageningen. Netherlands. 9-24.
- Winfrey, R. y Stickney, R. 1981. Effects of dietary protein and energy on growth, feed conversion efficiency and body composition of *Tilapia aurea*. *J. Nutr.*, 111: 1001–1012.
- Zar, J. 1999. *Biostatistical analysis*. Fourth edition. Prentice-Hall, Englewood Cliffs. New Jersey. USA.
- Zeitoun, H. 1973. Influence of salinity on protein requirements of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) fingerlings. *J. Fish. Res. Board. Can.*, 30: 1867–1873.

APENDICE

APÉNDICES 1

Vit. A.	10.000.000 U.L
Vit. D ₃	2.000.000 U.L
Menadiona sod. Bisulfito (Vit. K ₃)	500 mg
Nicotinamida	16,25 g
D. Pantenol	7,5 g
Aneurina Hcl (Vit. B ₁)	1,75 g
Riboflavina (Vit. B ₂)	2,5 g
Piridoxina (vit. B ₆)	1,125 g
Vit. B ₁₂	1,250 mcg
Pangamato sódico (vit. B ₁₅)	0,500 mg
Biotina	1.000 mcg
Inositol	2,5 g
Alanina	11,5 g
Arginina	6,1 g
Ácido aspártico	9,5 g
Cistina	2,1 g
Fenilalanina	5,5 g
Ácido glutámico	21,5 g
Glicina	9,6 g
Histidina	4,7 g
Hidroxiprolina	6,0 g
Leucina	12,5 g
Lisina	9,5 g
Metionina	2,2 g
Prolina	9,5 g
Serina	7,0 g
Treonina	5,0 g
Triptófano	2,0 g
Tiroxina	5,3 g
Valina	6,2 g
Enzimas	1.000 ml

Composición del Promotor "L" (Polivitaminas) utilizada en la elaboración de las dietas experimentales.

Composición de las sales Minerales utilizada en la elaboración de las dietas experimentales.

Ca	23,7 g
P	18,3 g
Mg	0,8 g
Co	15 mg
Cu	100 mg
Fe	168 mg
Mn	241 mg
Zn	378 mg
I	8 mg
Se	Max: 0,06 ppm
Mo	2 mg
F	Max: 0,2 g
NaCl	3,6 g
Vit. A.	30.000 U.L
Vit. D ₃	5.000 U.L
Vit. E	10 mg

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/5

Derechos:



AUTOR 1



ASESOR



TUTOR



JURADO 1



JURADO 2

POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS:
