



Evaluación de diferentes proporciones de energía / proteína en dietas para juveniles de yamú, *Brycon siebenthalae*, (Eigenmann, 1912).

Yudy. M. López O. Zootecnista, Walter Vásquez T. Biólogo, Álvaro Wills F. Profesor
Instituto de Acuicultura de la Universidad de los Llanos y Universidad Nacional
(Recibido: Marzo 31 de 2004 - Aceptado: Mayo 31 de 2004)

R E S U M E N

Este experimento fue realizado con el objeto de determinar la proporción óptima de la energía digestible/proteína (DE kcal/PB%) en dietas para juveniles de yamú, *Brycon siebenthalae*, fueron formuladas 9 dietas semipurificadas en un esquema factorial AxB siendo el factor A = 17, 21 y 25% de Proteína y el factor B = 2.6, 2.9 y 3.2 kcal ED/g. Se utilizaron 8 peces por tanque de 500 Lt (3 réplicas por tratamiento) con peso inicial entre 9 y 21 g. Los animales fueron acostumbrados a las dietas y al ambiente de laboratorio durante una semana y luego se les ofreció alimento, hasta aparente saciedad, dos veces al día durante 45 días. Al final de este periodo los animales fueron

pesados y sacrificados para la determinación del incremento en peso (IP), tasa específica de crecimiento (SGR), consumo (CA), eficiencia alimenticia (EA) y los índices de utilización de nutrientes, eficiencia de utilización de proteína (PER), y retención de proteína (PPV). Los resultados fueron evaluados como un diseño de bloques incompletos, estableciendo las diferencias entre medias por contrastes ortogonales. Las ecuaciones de predicción fueron obtenidas de la decodificación de los contrastes y fueron graficadas como superficies de respuesta para observar comportamiento y tendencia. El tratamiento que registró el mayor crecimiento fue el correspondiente a

la combinación 21% de proteína con 3.2 kcal/g, con puntos de inflexión para la energía de 2.9 kcal/g y para la proteína dependiente del nivel energético. El consumo fue inversamente proporcional al nivel proteico sin efecto de la energía en su comportamiento. La eficiencia proteica y su retención en tejidos fue superior en las dietas con el 17% de proteína y 3.2 kcal/g. Todos los índices mostraron tendencia a mejorar su comportamiento con los niveles energéticos más altos.

Palabras clave: nutrición de peces, proteína, energía, pez de agua dulce, *Brycon siebenthalae*.

A B S T R A C T

This experiment was conducted in order to determine the optimum ratio of energy to protein in the diet (DE kcal/PB%) of yamú (*Brycon siebenthalae*) by feeding them various semi-purified diets containing different amounts of protein (17, 21, 25%) and energy (2.6, 2.9 and 3.2 kcal DE/g diet). Eight fish by tank (500 Lt) were

fed the experimental diets in triplicate groups until apparent satiety, twice a day during 45 days. At the end of this period the animals were weighed and sacrificed for the determination of the weight gain (%IP), specific growth rate (SGR), feed conversions ratio (FCR), protein efficiency ratio (PER) and protein

retention (%PPV). The results were evaluated as a design of incomplete blocks, establishing the differences among stockings by orthogonal contrasts. The prediction equations were obtained of the decoding of the contrasts to observe behavior and tendency. Growth was significantly higher ($P < 0.05$) in the group fed diet with 21% protein



combined with 3.2 kcal DE/g and inflection point for energy of 2.9 kcal DE/g. The fed intake went inversely proportional at the protein level without effect of the

energy in its behavior. Protein efficiency ratio (PER) and protein retention (%PPV) were improved ($P < 0.05$) as protein level decreased to 17% combined with

3.2 kcal DE/g. All the indexes showed tendency to improve their behavior with the highest energy levels.

La acuicultura en Colombia ha tenido un desarrollo importante en los últimos años en cuanto a la producción de carne de pescado. Según los datos del Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura INPA, la producción acuícola ha venido en franco aumento: en 1991 representó el 7.2% del total de la producción pesquera nacional, en 1992 se incrementó para 14.5%, en 1994 llegó a ser del 20.7% y finalmente en 1995 de 21.2%; en el año 1999 la acuicultura continental alcanzó una producción de 42.969 toneladas, lo que correspondió al 24.0% del total de la producción acuícola nacional (INPA, 2001), convirtiéndose en una opción real de producción de alimentos de alta calidad.

El yamú (*Brycon siebenthalae*), un carácido neotropical, nativo de los ríos de la cuenca del Orinoco ha demostrado un gran potencial para la acuicultura por su excelente calidad de carnes, su fácil adaptación a condiciones de estanques, posibilidad de reproducirlo artificialmente y su gran velocidad de crecimiento (Arias *et al.* 1995, Murillo 1999); tales características han hecho que cada vez sea más utilizado como un nuevo recurso de la industria piscícola nacional, llegando en 1999 a producirse 256.07 toneladas para el consumo nacional (INPA 2001). No obstante, la información que se tiene sobre tecnología de cultivo está limitada a unos pocos estudios publicados sobre manejo y reproducción;

se considera que aún no existe un paquete tecnológico completo para su explotación a nivel comercial.

Dentro de las áreas que demandan urgente investigación se destaca el área de la nutrición debido a que ésta es el principal soporte de cualquier sistema de producción acuícola a nivel industrial. El conocimiento de la cantidad de nutrientes necesarios en la dieta para que la especie pueda expresar su máximo potencial de crecimiento bajo condiciones de cultivo, es uno de los primeros pasos a dar para elaborar alimentos comerciales eficientes y que garanticen mayores beneficios a los productores. En el caso del yamú, aspectos básicos tales como exigencias de proteína, carbohidratos, lípidos, vitaminas y energía en dietas para cultivo para máximo crecimiento, no han sido suficientemente estudiados.

En la literatura se observa que hay muy pocos estudios realizados sobre aspectos nutricionales del género *Brycon*. Borguetti *et al.* (1991) observaron que dietas con niveles de 35 y 40% de proteína bruta eran satisfactorios para la crianza intensiva de juveniles de piracanjuba (*Brycon orbignianus*). En otros experimentos con esta misma especie Carneiro *et al.* (1998) alimentaron juveniles con dietas prácticas de 18, 24, 30 y 34% de PB y obtuvieron mejores resultados con la dieta de 30%; igualmente Sá (2000), que trabajó con dietas

semipurificadas isocalóricas (3000 Kcal de EM/kg de alimento) y seis concentraciones de proteína entre 24 y 42%, observó mejor desempeño de crecimiento con 29% de PB. En matrinxã, otra especie del mismo género (*Brycon cephalus*), Cyrino *et al.* (1984) evaluaron la substitución parcial y total de las fuentes de proteína animal por ingredientes de origen vegetal en dietas isoproteicas (35% de PB) e isocalóricas (3200 kcal ED/kg) observando que el crecimiento era semejante e independiente de la fuente proteica. Pereira-Filho (1995) evaluó dietas con niveles de proteína de 19, 25 y 30% y fibra entre 2 y 20% y observó mayor ganancia de peso en los peces que recibieron mayores niveles de proteína independiente del nivel de fibra empleado. En el yamú, especie objeto del presente estudio, tan sólo se ha realizado un trabajo exploratorio para definir el nivel de inclusión de proteína en dietas para crecimiento de juveniles. En tal experimento se trabajó con nueve dietas semipurificadas con niveles de proteína entre 15 y 39%. Los resultados mostraron que con la dieta de 24% de PB los animales lograron mejor desempeño de crecimiento (Salinas, 2001).

En este orden de ideas, uno de los principales problemas a abordar tiene que ver la determinación del nivel apropiado de proteína en dietas para crecimiento, no solo por la importancia que este nutriente tiene desde el punto de vista fisiológico.

INTRODUCCIÓN



lógico, sino también por sus altos costos en las dietas industrializadas. Es preciso conocer además, la relación ideal entre niveles de energía y de proteína

necesarias para promover máximo crecimiento en el menor tiempo posible y en condiciones económicamente ventajosas. Por lo anterior se propuso esta investigación que

tuvo por objetivo determinar la relación energía digestible /proteína (DE kcal/PB%) más favorable en dietas para juveniles de yamú.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo fue realizado en la Estación Piscícola (EPU) del Instituto de Acuicultura de Unillanos (IALL), municipio de Villavicencio; el lugar está localizado a una altura sobre el nivel del mar de 422 m, tiene una precipitación media anual de 4.050 mm, humedad ambiental relativa del 75% y el agua, una temperatura media de 26°C.

Se trabajó en la sala bioensayos de nutrición y alimentación de peces constituida por un pabellón de 200

m² de área cubierta con 27 tanques cilíndricos de 500 litros cada uno, con adaptaciones para renovación de agua a una tasa de 2 L/min y dispositivos de aireación permanente para mantener niveles de oxígeno disuelto próximos a saturación y sistema cerrado de reciclaje de agua compuesto por cuatro filtros biológicos en serie para remover partículas en suspensión y reducir concentración de amonio, de nitritos y de nitratos (figura 1). La calidad del agua del

sistema se mantuvo dentro de los siguientes rangos: temperatura 25.7 ± 0.39°C, pH 6,9 ± 0.5, dureza >40 ppm y concentración de nitritos y amonio <0.02 ppm.

Se utilizaron 216 juveniles de yamú obtenidos por reproducción artificial (figura 2), con pesos entre 9 y 21 g los cuales fueron agrupados en seis lotes de acuerdo con su peso y distribuidos en las unidades experimentales como se detalla más adelante.



Figura 1. Tanques experimentales utilizados en el experimento.



Figura 2. Ejemplar juvenil de yamú, *Brycon siebenthalae*.

Los tratamientos estuvieron constituidos por las dietas experimentales las cuales fueron elaboradas tomando como modelo la "dieta referencia" desarrollada por Vásquez *et al* (2002) para estudios de determinación de requerimientos nutricionales de la cachama blanca (*Pyaractus brachypomus*). Se utilizaron los siguientes ingredientes semipurificados: caseína y gelatina como fuentes de proteína,

dextrina como fuente de carbohidratos, aceites vegetales y de pescado como fuentes de lípidos, premezclas de vitaminas y minerales, carboximetilcelulosa (CMC) como componente aglutinante, no nutritivo y celulosa microcristalina como componente inerte de relleno, no digerible. Todas las dietas fueron similares en aspectos como estabilidad en el agua, textura, tamaño de partícula, y calidad de

ingredientes utilizados, con excepción de la proporción energía/proteína que era la variable a evaluar; se variaron las concentraciones de caseína y de gelatina para proveer los niveles de proteína fijados para cada tratamiento, y las concentraciones de dextrina, para hacer los ajustes en los niveles de energía; la composición de ingredientes de las dietas está descrita en la tabla 1.

**TABLA N° 1.** Composición de ingredientes de las dietas utilizadas

Ingredientes (%)	DIETAS (ED/PB)								
	3.2/17	3.2/21	3.2/25	2.9/17	2.9/21	2.9/25	2.6/17	2.6/21	2.6/25
Caseína	19.0	23.5	28.0	19.0	23.5	28.0	19.0	23.5	28.0
Gelatina	2.3	2.8	3.4	2.3	2.8	3.4	2.3	2.8	3.4
Dextrina	46.5	40.5	35.0	39.0	34.0	28.0	32.0	26.0	21.0
Alfa-celulosa	17.2	18.2	18.6	24.7	24.7	25.6	31.7	32.7	32.6
Otros ingredientes ¹	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
Energía Digestible (cal/100g) ²	320	320	320	290	290	290	260	260	260
Relación ED/PB ³	18.8	15.2	12.8	17.1	13.8	11.6	15.3	12.4	10.4

¹ Otros ingredientes: CMC 6.8 %, aceite de pescado 2%; aceite de maíz 2%; ácido ascórbico 0.03%; premezclas: vitaminas 0.1% (Rovimix Vitaminas Ó Lab. Roche S.A.: Vit A 8.0*10⁶ UI, Vit D₃, 1.8*10⁶ UI, Vit E 66.66 g, Vit B₁ 6.66 g, Vit B₂ 13.33 g, Vit B₆ 6.66 g, Pantotenato de Ca 33.33 g, Biotina 533.3 mg, Ac. Fólico 2.66 g, Ac. Ascórbico 400.0 g, Ac. Nicotínico 100.0 g, Vit B₁₂ 20.0 mg, Vit K₃ 6.66 g, vehículo csp 1.0 kg.); micro minerales 0.05% (Premix microminerales Ó Lab. Roche S.A.: Composición por 100 g: Magnesio 1.0, Zinc 16.0, Ferro 4.0, Cobre 1.0, Yodo 0.5, Selenio 0.05, Cobalto 0.01.); macro minerales 4.02% (Composición por 100 g de mezcla: Ca(H₂PO₄) 13.6 g; Lactato de Ca 34.85 g; 2MgSO₄.7 H₂O, 13.2 g; KH₂PO₄ 24.0 g; NaCl 4.5 g; AlCl₃ 0.015 g, CMC 9.835 g).

² ED calculada tomando como base los valores fisiológicos estándar de energía digestible para peces: proteína 4.54, lípidos 8.6 y carbohidratos 3.58 (De Silva y Anderson, 1995).

³ Relación teórica estimada a partir de niveles de Energía Digestible calculada y Proteína Bruta formulada.

Para el cálculo de los valores de energía digestible (ED) fueron utilizados los datos de materia seca y composición de nutrientes de las materias primas y los valores fisiológicos estándar de energía digestible para peces sugeridos por De Silva y Anderson (1995). Se formularon 9 dietas en un diseño factorial (A x B): siendo A = tres niveles energéticos (320, 290 y 260 cal ED/100g de MS) y B = tres niveles de Proteína (17, 21 y 25% de PB)

Fueron hechos análisis de composición bromatológica según técnicas de la AOAC 1984, de las dietas experimentales y de las carcazas de los peces experimen-

tales, 20 peces del lote inicial y al final del experimento, muestras de 5 peces por repetición.

Al inicio del experimento los animales se sometieron a un tratamiento profiláctico con solución salina al 1% y durante una semana fueron aclimatados a las condiciones de laboratorio y adaptados a las dietas experimentales. Luego fueron pesados uno a uno seleccionándolos por grupos según el peso como estrategia para controlar canibalismo, común en esta especie. Se conformaron seis lotes (9.0-10.9g, 11.0-12.9g, 13.0-14.9g, 15.0-16.9g, 17.0-18.9g, 19.0-20.9g) que fueron distribuidos al azar en los tanques experimen-

tales y luego sorteados los tratamientos. Durante 45 días se les ofreció alimento hasta aparente saciedad, dos veces al día (10 am y 4 pm) llevando registros del consumo diario por cada unidad experimental. Una vez concluida la etapa de experimentación los peces se sometieron a ayuno durante 24 horas para asegurar el vaciado de su contenido gastrointestinal, se registró el peso final individual y se sacrificaron.

Las mediciones para la determinación de los parámetros productivos se realizaron únicamente al inicio y al final del periodo experimental. Se consideraron los siguientes índices:

$$\text{Sobrevivencia \% SBRV} = 100 * \{(\text{No. Final} - \text{No. inicial}) / \text{No. inicial}\}$$

$$\text{Porcentaje de incremento en peso, \%IP} = 100 * (\text{Pf} - \text{Pi}) / \text{Pi}$$

$$\text{Tasa específica de crecimiento, SGR} = 100 * \{ \ln \text{ Pf} - \ln \text{ Pi} \} / \text{días}$$

$$\text{Eficiencia de alimento EA} = \text{Ganancia de peso vivo g} / \text{Consumo (g de MS)}$$

$$\text{Tasa de eficiencia proteica PER} = \text{Ganancia de peso vivo g} / \text{g PB consumida}$$

$$\text{Retención de proteína \%PPV} = 100 * \text{GPBc} / \text{PBc}$$

Donde: Pi = peso inicial, Pf = peso final, ln = logaritmo natural del peso final e inicial, MS = materia seca, y PBc = PB consumida; GPBc= ganancia de PB corporal (g)



El consumo de alimento (CONS) fue analizado en términos de la ingestión total de materia seca por individuo durante los 45 días de experimentación. El cálculo fue hecho a partir de la media de consumo diario por unidad experimental/pez:

$CONS(día) = g \text{ de alimento ofrecido por tanque} / \text{número de peces.}$

El análisis estadístico fue hecho sobre la base de un diseño experimental de tipo factorial (3 x 3), lo que dio un total de nueve combinaciones correspondiente a los trata-

mientos, cada uno con tres réplicas y ocho individuos por réplica. Para examinar los efectos de los tratamientos se efectuaron análisis de varianza siguiendo el modelo estadístico de bloques incompletos debido a que los pesos iniciales no fueron homogéneos y porque en cada bloque no se hallaban la totalidad de los tratamientos (el bloque permitió eliminar el efecto de este factor de variación).

Mediante la covariable sobrevivencia, se evaluó su efecto sobre los diferentes índices de desempeño productivo y se trabajó con medias

ajustadas en los casos en que hubo efecto significativo ($p < 0.05$). Se realizaron pruebas de contrastes ortogonales para definir si los niveles de energía, proteína y sus interacciones tenían efectos lineales o cuadráticos ($p < 0.05$); por medio de la ecuación de predicción resultante de la codificación de los contrastes ortogonales, se analizó la tendencia de las variables para los diferentes niveles de inclusión de proteína y energía. Todos los análisis estadísticos fueron desarrollados a través del software SAS v.1995, y las ecuaciones de predicción por el sistema "Derive".

R E S U L T A D O S

De manera general en este experimento se observó que los peces mostraron una alta voracidad y capacidad de aceptación del alimento, sin embargo, también se observó un comportamiento de jerarquización de los animales de mayor tamaño que impedían el acceso de los más pequeños, por lo que el alimento fue suministrado en diferentes áreas del tanque para garantizar el consumo por todos los animales en cada unidad experimental.

Los resultados de MS y PB determinada de las dietas así como los valores calculados de diferentes índices de eficiencia considerados aparecen en la tabla 2.

La sobrevivencia no estuvo asociada a la composición de las dietas experimentales ($p > 0.05$). Apparentemente por causa del estrés se presentó una mortalidad total del 24.5%, incluyendo una réplica completa del tratamiento 5, la cual fue asociada principalmente al escape de animales de los tanques experimentales. Los problemas de

canibalismo tuvieron una incidencia del 19% sobre la mortalidad total.

Se fijaron la ganancia de peso vivo (%IP) y la tasa específica de crecimiento (SGR) como los principales criterios para la determinación de la relación energía/proteína más favorable para el crecimiento del Yamú (*B. siebenthalae*), ya que son los indicadores más ampliamente utilizados para definir cuando una dieta es mejor que otra en función de su contenido de nutrientes (Tabla 3). Se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) y efectos significativos ($p < 0.05$) para los valores de proteína cuadrática (Pc) y la interacción proteína lineal * energía cuadrática (PI*Ec).

Evaluando el crecimiento se observó que hubo un incremento gradual en función del aumento de los niveles de proteína dietética, hasta un máximo cercano a 21.0% PB con la mayor concentración energética evaluada, es decir 3.2 kcal ED/g. Estos datos indicaron que

para las concentraciones de nutrientes utilizadas, la relación E/P más adecuada fue de 14.22 kcal ED/gr PB. El incremento del nivel proteico, por encima de 21.0%, disminuyó el valor de los índices. La relación entre niveles proteico y energético de la dieta con el %IP, se pueden ver en la figura 3.

Mediante la decodificación de los contrastes ortogonales se originó la siguiente ecuación de comportamiento del índice:

$$\%IP = -214025 + 11032.5p - 39.7p^2 + 135632e - 23384.9e^2 - 6458.68pe + 1113.56pe^2$$

$(R^2 = 0.80; CV = 12.86)$

El punto de inflexión para la energía (d/de) mostró un valor de 2.9 y el punto de inflexión para la proteína fue dependiente del nivel energético expresado como:

$$d/dp = 138.946 - 81.342e + 14.024e^2$$

Los valores de consumo demostraron diferencias significativas



Tabla N° 3. Efecto de dietas con diferentes proporciones de ED/PB sobre los índices de comportamiento productivo de juveniles de yamú, *B. siebenthalae*.

Análisis proximal ¹	DIETAS (Proporción ED/PB)								
	3.2/17	3.2/21	3.2/25	2.9/17	2.9/21	2.9/25	2.6/17	2.6/21	2.6/25
Materia seca (%)	61.1	58.6	63.6	58.9	60.3	59.6	56.9	59.4	58.5
PB (g / 100 g MS)	17.4	22.3	25.4	17.5	22.8	25.5	18.1	21.2	25.1
ED (kcal/ 100 de MS)	320	320	320	290	290	290	260	260	260
Relación E/P (Kcal ED/g PB) ²	18.4	14.4	12.6	16.6	12.7	11.4	14.6	12.8	10.7
Índices³									
SOBREV (%)	91.7	87.5	62.5	45.8	87.5	83.3	83.3	66.7	70.8
G.P (gr/pez)	18.4	26.4	24.2	22.8	23.8	15.9	19.2	22.9	20.0
I.P (%)	120.3	182.9	164.2	143.1	164.2	101.8	127.9	154.9	135.1
SGR (%)	1.7	2.3	2.1	2.0	2.1	1.6	1.8	2.1	1.9
CONS (gr MS/pez)	41.3	40.3	40.1	39.5	33.2	36.2	41.7	38.2	33.6
E.A	0.6	1.1	1.3	0.9	1.4	1.1	1.0	1.1	1.1
PER	2.5	2.9	2.6	2.7	2.5	1.7	2.8	2.7	2.3
PPV (%)	42.4	45.1	43.1	37.7	33.2	30.8	44.5	43.6	33.9

¹ Los valores representan la media de 3 repeticiones

² Relación calculada a partir de los niveles de Energía Digestible calculada y de la Proteína Bruta determinada

³ SOBREV= Sobrevivencia. GP= Ganancia de peso. IP= Incremento porcentual en peso. SGR= Tasa específica de crecimiento CONS= Consumo. EA= Eficiencia alimenticia. PER= Tasa de eficiencia proteica. PPV= Valor de proteína productiva RE= Retención de energía.

Tabla 4. Efecto del peso corporal inicial de los animales experimentales sobre la tasa de sobrevivencia en el experimento para determinar la proporción ED/PB en dietas para juveniles de yamú.

Peso Inicial (g)	Sobrevivencia (%)	±DS
9 - 10.9	56.3	8.8
11-12.9	68.8	29.1
13-14.9	79.7	21.1
15-16.9	71.9	41.3
17-18.9	81.3	8.8
19-20.9	100.0	0.0

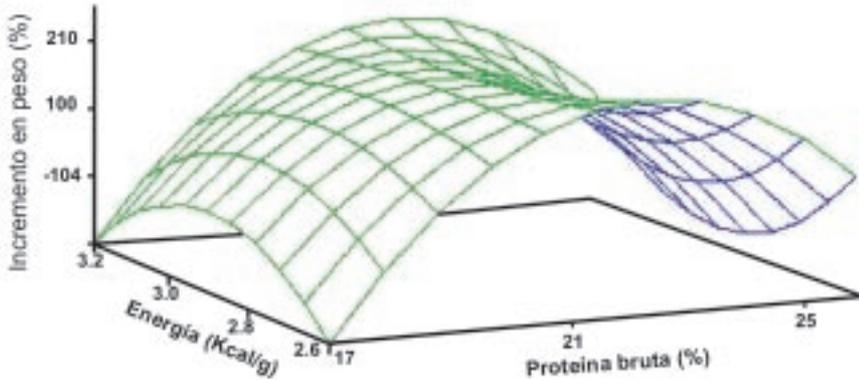


Figura 3. Efecto de los niveles de proteína bruta y energía digestible sobre el porcentaje de incremento de peso (%IP) del yamú *B. siebenthalae*.

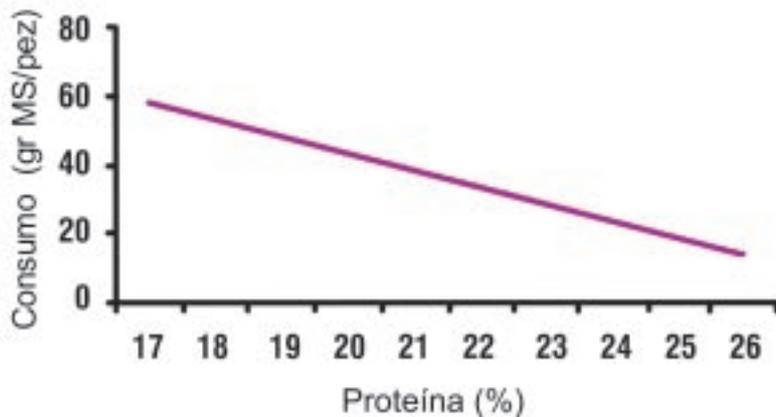


Figura 4. Efectos del nivel de proteína sobre el consumo de alimento en el yamú *B. siebenthalae*.
 $CONS = 38.25 + (-20.079 * (P-21)/4)$

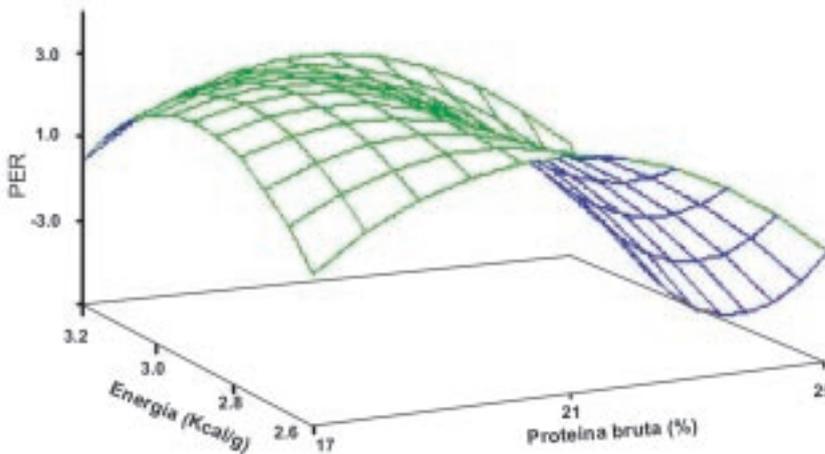


Figura 5. Efecto de los niveles de proteína bruta y energía digestible sobre la eficiencia proteica en juveniles de yamú *B. siebenthalae*.

$$PER = -2592.01 + 130.242 + 1714.3e - 0.311p^2 - 295.575e - 81.635e 14.75 pe^2$$

($p < 0.05$) entre tratamientos y efecto significativo de la proteína lineal ($p < 0.05$) los cuales generaron la gráfica y ecuación que describen su comportamiento (figura 4).

Los datos mostraron que el consumo disminuyó en la medida que la proteína aumentó. Sin embargo, las concentraciones de proteína y energía que estimulan el mayor consumo estaban fuera de los valores evaluados, lo cual no permitió la determinación de un tope de saciedad.

Se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en las cantidades de proteína de la dieta que fueron convertidas en peso corporal en los diferentes tratamientos (PER), siendo la dieta con el 22.3% de proteína y 3.2 kcal ED/gr la que tuvo el mejor comportamiento con 2.9; el valor más bajo, 1.7, se observó para la dieta con la mayor concentración de proteína (25.5%) y nivel de energía de 2.9 kcal/gr; esto indicó que como mínimo, en las interacciones E/P evaluadas, se registró una ganancia de peso de 1.7 gr por cada gramo de proteína consumido (figura 5).

La gráfica indicó, de manera general, que a menores niveles proteicos mayor la eficiencia proteica. Es decir, el pez tuvo capacidad para aprovechar de manera más eficiente pequeñas cantidades de proteína y en general convertir alimento en tejidos. El valor óptimo de los niveles de proteína se determinó como 21.4% PB y el valor de energía, se encontró en el extremo del intervalo que se evaluó (3.2 kcal ED / g), con lo cual se sugiere como valor recomendado en los niveles estudiados, la relación E/P de 14.9 kcal/gr PB.



D I S C U S I Ó N

El comportamiento canibal observado en yamú ha sido reportado como normal en larvicultura y alevinaje en diferentes especies del género *Brycon* y correlacionado con causas endógenas (Atencio, 1999), es decir, a la naturaleza del individuo y principalmente en las menores tallas corporales (tabla 4). Otras posibles causas de tipo exógeno tienen que ver con factores ambientales que lo estimulan; entre otros han sido mencionados: disponibilidad de alimento, densidad poblacional, diferencia de tamaños, ausencia de refugios y alta transparencia del agua (Kubitza y Lovshin, 1999; Atencio, 1999); por las observaciones realizadas en este experimento, se presume que la densidad fue una de las principales causales de la manifestación de un permanente comportamiento nervioso y del canibalismo, sugiriendo que la especie tiene un crecimiento dependiente del espacio; posiblemente las densidades de trabajo finales (0.56 gr/Lt), estaban por encima de lo adecuado para la especie en condiciones de laboratorio. La mortalidad observada afectó algunos de los índices de comportamiento productivo, por lo cual la sobrevivencia fue usada como covariable en los análisis. Por la significancia del efecto ($p < 0.05$), se realizó el ajuste de las medias a las variables, porcentaje de incremento en peso (IP), tasa específica de crecimiento (SGR), eficiencia alimenticia (EA), tasa de eficiencia proteica (PER) y retención de proteína (PPV).

Comportamientos similares en función de la proteína de la dieta han sido observados en diferentes especies de teleósteos. Elangovan y Shim (1997), evaluando 7 dietas

isoenergéticas purificadas con niveles proteicos de 20 a 50%, encontraron que valores por encima del 40% PB dejaron de tener una relación positiva con la ganancia de peso en *Barbodes altus*. Jantrarotai *et al* (1998), evaluando dietas con 3 concentraciones proteicas (30, 35 y 40% PB) y dos energéticas (275 y 325 kcal ED/100 gr) en híbridos del pez gato (*Clarias macrocephalus* X *C. gariepinus*) de 2 g peso vivo, observaron que el incremento de la proteína dietaria de 30 a 35% mejoró la ganancia de peso de los peces y los animales alimentados con el 40% PB crecieron más lentamente. De igual manera, Shiau y Lan (1996), usando dietas isocalóricas ajustadas con almidón de maíz y celulosa con niveles de proteína de 0 a 56% en dietas para *Epinephelus malabaricus*, observaron el mejor crecimiento con concentraciones 50.2% sugiriendo este nivel como el óptimo para crecimiento de juveniles, independiente del nivel de energía. Mazid *et al* (1979), trabajando con *Tilapia zilli* probaron seis dietas isocalóricas con niveles de proteína variando de 21 a 53% y observaron que la dieta que proporcionó el máximo crecimiento fue la del 35% de PB.

En peces suramericanos también es común este comportamiento, como lo reporta Vásquez (2002) para juveniles de Cachama blanca (*Piaractus brachipomus*) alimentadas con dietas isocalóricas semipurificadas con seis niveles proteicos variando entre 16 y 36%, donde se observó que el crecimiento aumentó proporcionalmente con la concentración proteica hasta el 32% y por encima de este nivel el desempeño disminuyó significativa-

mente. Pezzato *et al* (2000), evaluaron dietas prácticas con 3 niveles proteicos (24, 28, 32% PB) y 2 niveles energéticos (3.2 y 2.8 kcal ED/gr) en alevinos de Piauçu (*Leporinus macrocephalus*), los cuales presentaron el mejor crecimiento con 28% de proteína y 2.8 kcal ED/gr PB (relación de 10 kcal ED/gr PB). Incrementos proteicos por encima de esa concentración no mejoraron el crecimiento. Macedo (1996), trabajando con Tambaqui (*Colossoma macropomum*) de 5 g, evaluó 4 niveles de PB (14, 18, 22 y 26%) en dietas isocalóricas (3.200 Kcal/Kg); los mejores resultados de ganancia de peso y crecimiento se observaron con las dietas del 23% de PB.

Algunos trabajos en el género *Brycon*, presentan un comportamiento similar al observado en el presente experimento. Saint -Paul y Werder (1977) evaluaron en *Brycon sp.* dietas con diferentes niveles de proteína (30, 35 y 40%), obteniendo un promedio de crecimiento de 1.0 g/día con la dieta de 35%, mientras que con las dietas del 30 y 40% las tasas fueron de solamente de 0.5 y 0.3 g/día respectivamente. En varios trabajos documentados en la literatura (Cantelmo, 1993), coincidentes con los resultados de crecimiento observados en este trabajo, los autores suponen que la disminución de la tasa de crecimiento observada con niveles de proteína por encima de los exigidos para máxima ganancia de peso, puede ser debida a la reducción de la energía disponible para crecimiento, básicamente por un desequilibrio entre niveles de proteína y de energía. Aparentemente, igual que en tales casos documentados en la literatura, la



demanda metabólica y el desperdicio de los aminoácidos excedentes con las dietas de mayores niveles de proteína, pudieron haber limitado el crecimiento del yamú en el presente trabajo.

En la literatura también se han reportado resultados de trabajos en donde los niveles de los nutrientes no afectaron el crecimiento; es el caso de Kamarudin (1984) citado por Cantelmo (1993), donde ofrecieron al bagre en canal (*I. punctatus*) dietas con niveles de 32 y 26% de PB y 2.6 Kcal ED/gr y no encontraron diferencias de crecimiento, de rendimiento de la carcaza, de consumo ni de conversión alimenticia. Iguales resultados fueron evidenciados por De Silva *et al* (1991), en tilapias de 6 semanas alimentadas con dietas isocalóricas de 15, 20 y 30% PB y 6, 12, 18, 24% de lípidos. Suárez (2000), evaluando dietas comerciales en yamú (*B. siebenthalae*), con niveles de proteína de 24, 28 y 32% tampoco observó diferencias importantes en conversión alimenticia, tasa de crecimiento específico e incremento diario de peso. Otros trabajos describieron la ganancia de peso, como una función directamente proporcional a los contenidos de proteína; Cruz (1982) citado por Cantelmo (1993), trabajó con carpa común (*C. carpio*) para evaluar dietas con 3 niveles de proteína (14, 22 y 30%) en combinación con 3 energía (2.500, 3.000 y 3.500 Kcal EM/kg) y observó la mejor ganancia de peso con la dieta del 30% PB y 3.000 Kcal EM/Kg. Pereira Filho *et al* (1995), usaron 3 niveles de proteína bruta (19, 25, y 31%) y 3 de fibra bruta (2, 10 y 20%) en dietas para alevinos de matrinxã, y observaron mayor ganancia de peso con el nivel de proteína más alto, sin ser afectado por los niveles de fibra.

En contraste con esas publicaciones, en el presente trabajo los datos colectados sugieren que los índices de desempeño de crecimiento podrían mejorar con el incremento del nivel energético por encima del máximo utilizado, 3.2 kcal ED/gr y que por el contrario, valores proteicos superiores a 22.5%PB no serían eficientemente utilizados para la formación de músculo, sino que sufrirían un desvío para la producción de energía a través de procesos de desaminación y excreción de los AA absorbidos en exceso. Sucedería como lo descrito en otros trabajos con diferentes especies de peces, que al no haber suficiente energía no proteica en la dieta, el resultado final sería una reducción del crecimiento (Page y Andrews, 1973; Garling y Wilson, 1976; De Silva *et al*, 1991; Cantelmo *et al* 1993; Elangovan y Shim, 1997; Jantrarotai *et al*, 1998).

Las ganancias de peso comúnmente observadas en peces omnívoros comercialmente cultivados en esta etapa de crecimiento, están por el orden de los 0.4 g/día para bagre de canal, 0.5 g/día para tambaquí, carpa común y pacú y 0.6 g/día para *Brycon sp.* y *Tilapia nilótica* (NRC, 1993). Sá (2000) estudió la relación E/P para máxima tasa de crecimiento evaluando 6 dietas semipurificadas e isocalóricas (3.000 kcal EM/kg) con concentraciones de proteína bruta de 24 a 42% en *B. Orbignyanus*; observó que las mayores ganancias de peso, 0.3 g/pez/día, ocurrieron con relaciones E/P de 10.4, 8.5 y 7.1 kcal EM/g PB. En el presente experimento las ganancias de peso de los juveniles de yamú oscilaron entre 0.59 y 0.35 g/día con las raciones de relación E/P de 14.4 kcal ED/g (PB del 22.3% PB y 3.2 kcal ED/g) y 11.4 kcal ED/gr PB (25.5%

PB y 2.9 kcal ED/g) respectivamente.

Como muestra NRC (1993) para diferentes especies, las mayores ganancias de peso se presentan con relaciones entre 8.0 y 10.2 kcal ED/gr PB. Jantrarotai *et al* (1998) en híbrido *Clarias* encontró, para animales de 4 y 2 g, que las relaciones E/P mas favorables eran 6.87 y 9.28 kcal ED/ g PB, respectivamente. El híbrido *Clarias* logró, en condiciones de laboratorio, el máximo crecimiento con dietas de relación E/P 7 de kcal ED/ g PB (40% de PB y 2.8 kcal de ED/ g (Jantrarotai *et al*, 1996). Carneiro (1983), evaluó dietas isocalóricas (3.000 Kcal EM/Kg) con cuatro niveles de PB (14, 18, 22 y 26%) y observó que la mayor ganancia de peso se presentó con la relación E/P 11.54 kcal EM/g PB, correspondiente al mayor nivel proteico (26% PB). En otro experimento utilizó dietas isoprotéicas (23% de PB), con diferentes niveles de energía (2.2, 2.6, 3.0 y 3.4 Kcal EM/ Kg dieta), concluyendo que la relación E/P para el máximo desempeño del pacu fue 13.91 kcal EM/g PB. Gutiérrez *et al* (1996), encontraron que una relación E/P de 9.0 (29.8% PB y 2.7 kcal de ED/g) eran adecuados para cachama blanca en dietas para crecimiento. El único parámetro de comparación de la exigencia en la relación E/P en un brycónido suramericano, es el reportado para *Brycon orbignyanus* con un valor recomendado por Sá (2000) de 10.4 kcal EM/ g PB. Comparando este valor y los datos de *I. punctatus*, que es el animal de referencia en este tipo de estudios, con las relaciones 10.6 kcal ED/ gr PB (Garling y Wilson, 1976), 10.5 kcal ED/ g PB (Page y Andrews, 1973) y 12.5 kcal ED/ g PB (NRC, 1993), respecto a



14.22 kcal ED/g PB del presente trabajo, se observa que los valores de relación E/P propuestos para yamú son más altos, lo que se sugiere que se requieren mayores cantidades de energía por unidad proteica. Los anteriores estudios, todos en animales omnívoros, sugieren que el yamú tiene un comportamiento destacado, incluso comparado con especies del mismo género, logrando media superior de las ganancias de peso, a pesar de los problemas de estrés continuo por confinamiento. Estos resultados también sugieren que el yamú requiere bajos niveles proteicos (22.5%), menores que la mayoría de peces omnívoros de cultivo para las cuales la exigencia proteica varía entre 24 y 37% de PB, incluyendo el animal modelo (bagre en canal) y peces del mismo género con similares cualidades zootécnicas.

En cuanto a la tasa específica de crecimiento (SGR), diferentes trabajos citados en la literatura muestran resultados con amplias variaciones, dependiendo de la especie, de las dietas experimentales y de las condiciones ambientales de manejo, entre otras. A continuación se muestran algunos valores de peces de importancia, por su condición omnívora y uso en cultivos comerciales. Macedo-Viegas *et al* (1996), reportó valores desde 0.52 a 1.47, evaluando dietas para tambaquí con 14, 18, 22 y 26% PB con 3.200 kcal EM/kg. Vásquez (2001) obtuvo 1.47 ± 0.09 hasta 2.16 ± 0.05 en la evaluación de dietas semipurificadas para *P. brachyomus* y el mismo autor, encontró datos de 2.07% a 2.5% evaluando carbohidratos y lípidos en la misma especie. Cantelmo (1993) reportó valores para Pacú de 1.44, 1.39 y 1.24 con el aumento en los niveles de proteína bruta

de 26, 30 y 34% PB respectivamente, y de forma contraria, estos índices tuvieron un aumento con el incremento del nivel energético de la dieta (1.31, 1.38 y 1.38) con 2.600, 3.000 y 3.400 kcal ED/kg, respectivamente. Por otro lado para carnívoros juveniles de *Zacco barbata*, Shyong *et al* (1998), hallaron valores de SGR desde 1.55 ± 0.04 hasta 2.13 ± 0.1 para niveles de proteína de 20.5 y 45.3% respectivamente, con un aumento proporcional en la medida que su nivel aumentaba. Estos trabajos muestran que el comportamiento en el índice SGR presentado por el yamú en este experimento, 1.6 a 2.1, está dentro de los valores más altos con respecto a las diferentes especies estudiadas, lo que indica que la especie es competitiva productivamente puesto que crece satisfactoriamente por unidad de tiempo, aún con bajas concentraciones proteicas.

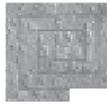
Diferentes investigadores han realizado trabajos para evaluar la mejor relación E/P en dietas para crecimiento, entre otros, Page y Andrews (1973) en Bagre de canal (*I. punctatus*), Lee y Putnam, (1973) y Kim *et al* (1991) en trucha arco-iris (*O. mykiss*), Winfree y Stickney (1981) en Tilapia aurea, Machiels y Henken, (1985) en bagre africano (*C. gariepinus*), Shiau & Huang (1990) en tilapia híbrida, De Silva *et al* (1991) en Tilapia roja y Pezzato *et al* (2000) en Piauçu (*L. macrocephalus*), los cuales han demostrado que una alta relación E/P en la dieta reduce el consumo voluntario y esto a su vez disminuye la ingestión de proteína y de otros nutrientes esenciales y genera una excesiva acumulación de grasa corporal; todo esto en conjunto conlleva una importante disminución del rendimiento. En el presente trabajo no se observó este

comportamiento ya que el nivel energético no afectó el consumo, probablemente debido a que ningún tratamiento logró sobrepasar el requerimiento energético, sugiriendo de acuerdo con los demás índices, que este puede ser superior a 3.2 kcal ED/g. De igual manera, los trabajos de Jantrarotai (1998) con híbridos *Clarias* y Page y Andrews (1973) con bagre en canal, concluyen que el consumo es influenciado por el nivel de proteína, siendo superior en las concentraciones proteicas más bajas. En ese mismo sentido, los datos del presente estudio, pueden sugerir que la prioridad del pez es suplir sus requerimientos proteicos antes que los energéticos, por lo menos en las combinaciones de nutrientes evaluados.

La eficiencia alimenticia mostró diferencias significativas entre las diferentes relaciones energía/proteína. Los análisis estadísticos muestran un efecto cuadrático en la proteína, con un punto de quiebre en el 22.5 % de PB y una leve tendencia a presentar su mayor valor con 3.2 kcal/g, determinando la relación E/P de 14.22 kcal ED/gr PB como la que representa la mejor expresión del índice.

Los datos presentados para la eficiencia alimenticia indicaron que entre los valores de inclusión proteicos se presentó la máxima expresión del índice. Se observó que aumentando la PB de 17 a 23% mejoró la EA, pero con valores superiores, disminuyó. Observaciones similares fueron reportadas por Elangovan y Shim (1997) con *Barbodes altus*, Shiau y Lan (1996) con *Epinephelus malabaricus* y De Silva (1991) con Tilapia roja.

En el presente trabajo, se reportaron los mayores valores de EA, 1.4,



en el tratamiento 5, con relaciones E/P de 12.7 kcal ED/g PB (22.8% PB y 2.9 kcal ED/gr), y la mayor depresión en este índice, 0.6, con la dieta 1, con relaciones E/P de 18.4 kcal ED/g PB (17.4% PB y 3.2 kcal ED/g). Este comportamiento tiene implicaciones benéficas desde el punto de vista económico en la producción, ya que se puede presentar mayor eficiencia en la utilización del alimento respecto a otras especies de cultivo, como por ejemplo *B. orbignyanus*, que presenta ganancias de peso superiores pero requiere más del doble del alimento por cada gramo convertido en tejidos, ya que sus registros son de 0.16 a 0.23 (Borguetti, *et al*, 1991).

Los resultados de PER obtenidos concuerdan con lo reportado por Elangovan y Shim (1997) en *Barbodes altus* donde observaron valores de PER de 2.5 con proteína baja (20-30%) y a medida que la proteína aumentó (35 a 50%) el PER disminuyó a 1.5. Cantelmo (1993) encontró las menores tasas de eficiencia proteica, 2.01, en la dieta con 34% PB y la mayor tasa, 2.9, con la dieta del 26% PB para Pacú (*P. mesopotamicus*). De igual manera este autor cita trabajos con esta misma especie (Brener, 1988; Carneiro, 1990; Dabrowski, 1977 y Tavares, 1990) en los que se advirtió una tendencia similar. Otros trabajos concordantes son los de Mazid *et al.* (1979) para *Tilapia Zilli* y Serrano *et al.* (1992) con Corvina amarilla. Como contraparte, hay resultados reportados en la literatura que muestran una tendencia diferente, caso del trabajo de Jantrarotai *et al* (1998) en alevinos del bagre africano híbrido *C. gariepinus* x *C. macrocephalus*, y el de Samantaray y Mohanty (1997) en *Channa striata*, quienes observaron que

tanto la energía como la proteína afectaban el valor de PER, básicamente aumentando con el incremento de la proteína dietaria.

De acuerdo con Jobling, (1993) citado por Pezzato (2001), las dietas con niveles proteicos que excedan los requerimientos de crecimiento, suponen un gasto energético de los aminoácidos. Esto no es deseable desde el punto de vista de conversión ni de la rentabilidad del cultivo. En esta circunstancia se puede aumentar considerablemente el destino gliconeogénico de los aminoácidos, aumentando las actividades de las enzimas implicadas y disminuyendo el aprovechamiento de la proteína ingerida (Carter *et al* 1993).

Se presentaron diferencias significativas en la forma como los diferentes tratamientos analizados retuvieron la proteína de la dieta como proteína corporal ($p < 0.05$). Los resultados muestran que el % PPV fue afectado solo por el nivel energético, presentándose el valor más alto, 45.1%, con el nivel energético mayor (3.2 kcal/g). Esta tendencia fue semejante a las descritas por Page y Andrews (1973) en *I. punctatus*, Jantrarotai (1998) con el híbrido *Clarias (Clarias gariepinus* X *C. macrocephalus*) y Sá (2000) en *B. orbignyanus*; ellos encontraron que la retención de proteína no era afectada por los niveles de proteína dietaria.

Tanto el PER como el %PPV fueron mejorados con el incremento de la energía digestible en la dieta; una tendencia semejante fue observada en tucunaré (*Cichla sp*) por Sampaio (1999), con valores de PPV entre 23.21 y 33.14% para dietas con relaciones de 11 y 8 kcal ED/g PB, respectivamente, aunque con valores significativamente

menores que los observados en el presente estudio, a pesar de la condición carnívora del tucunaré. Según Macedo-Viegas (1996), es muy probable que la capacidad de acumular proteína en el músculo sea característica de cada especie de pez. Se puede suponer, que la eficiencia de incremento en peso expresada como % PPV, en un rango entre 30.82 y 45.13%, indica que todos los niveles de proteína en las dietas fueron asimilados mas o menos eficientemente, y que tan sólo una pequeña proporción de la proteína consumida fue catabolizada para producción de energía (Carter *et al* 1993) o excretada con las heces. Este comportamiento pudo deberse a que las fuentes proteicas usadas en la elaboración de las dietas eran de alta calidad y que la energía ofrecida por las fuentes no proteicas, también fueron eficientes para limitar el uso de la proteína como fuente de energía.

Según NRC (1983), en diversos estudios realizados en peces es normal que por cada gramo de proteína corporal ganado, los peces hayan tenido que consumir en su dieta aproximadamente 3.2 g de proteína. Los resultados de este estudio muestran que el yamú es eficiente, ya que en esta etapa requiere consumir en promedio 2.5 g de proteína por gramo de proteína fijado y obtiene la máxima conversión proteica consumiendo 2.22 g por cada gramo ganado, cuando la relación E/P es de 14.4 kcal ED/g PB (22.3% PB y 3.2 kcal ED/g).

En conclusión, para las concentraciones de proteína y energía evaluadas, la relación E/P más eficiente para el crecimiento del yamú *Brycon siebenthalae*, fue 14.22 kcal ED/g PB, con unos valores parciales de 22.5% PB y 3.2 kcal



ED/g. A pesar de los muchos factores que afectan el requerimiento de proteína y energía de una especie, los datos presentados se accep-

tan como los requerimientos en función de los delineamientos experimentales, dietas y condiciones experimentales empleadas y consti-

tuyen una base útil y confiable para el desarrollo de dietas para la especie.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus más sinceros agradecimientos al IALL y al Instituto de Investigaciones de la Orinoquía (IIOC) de la Universidad de los Llanos, a la Asociación Americana de Soya – ASA y a Agribrans PURINA Colombia S.A por el apoyo logístico y financiero para la realización de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

ARIAS, J. A. 1995. Contribución al conocimiento biológico de los peces de los Llanos: Yamú (*Brycon siebenthalae*) y Sapuara (*Semaproehilodus laticeps*) con fines de cultivo. Informe técnico final. UNILLANOS-COLCIENCIAS. Villavicencio. pp.18-22.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS -AOAC, 1984. Official methods of analysis. Arlington, Virginia.

ATENCIO, V. J. 1999 Causas efectos y control del canibalismo en larvicultura de peces. Segundo curso taller de acuicultura. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá - Colombia.

BORGUETTI, J.R., CANZI, C y NOGUEIRAV.G. 1991. A influencia da proteína no crescimento do Matrinxã (*Brycon orbignyanus*) criado em tanques-rede. Rev. Bras. Biol., 51(3):695-699.

CANTELMO, O. A. 1993. Níveis de proteína e energia em dietas para o crescimento do Pacú *Piaractus mesopotamicus* (HOLMBERG, 1887). Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Aquicultura. Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil. 54 p.

CARNEIRO O. J. 1983. Níveis de proteína e energia na alimentação do Pacú *Colossoma mitrei* (Berg, 1895). Dissertação para obtenção do título de mestre em ciências. Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal. Brasil. P 55.

CARNEIRO O., J. BARBOSA, N.D., VIDOTTI, R. M., DIAS, T. C.R., SALES, F.A. 1998. Protein levels and animal origin protein proportions in piranha diets (*Brycon orbignyanus*) In: Simposio Brasileiro de Aquicultura 10. Aquicultura Brasil 98, Recife PE. p.45

CARTER, C.G.; HOULIHAN. D.F.; BRECHIN. J; McCARTHY.I. D. 1993. The relationships between protein intake and protein accretion, synthesis and retention efficiency for individual grass carps *Ctenopharyngodon idella* (Val). Canadian Journal of Zoology. n. 71. p. 392-400.

CYRINO, J.E.P, CASTAGNOLLI, N., PEREIRA FINHO, M. 1986. Digestibilidade da proteína de origen animal e vegetal pelo matrinxã, *Brycon cephalus* GUNTER 1869. In: Simposio Brasileiro de Acuicultura, 4, Cuiabá MG, p. 49-62.

DE SILVA, S.S., GUNASEKERA, RM., SHIM, K.F. 1991. Interactions of varying dietary protein and lipid levels in young red tilapia: Evidence of protein sparing. Aquaculture 95: 305 - 318.

ELANGOVAN, A, SHIM, K.F. 1997. Growth response of juvenile *Barbodes altus* fed isocaloric diets with variable protein levels. Aquaculture 158: 321-329.

GARLING, D. L., WILSON, R P. 1976. Optimum dietary protein to energy ratio for Channel catfish fingerlings, *Ictalurus punctatus*. Journal of nutrition 106: 1368-1375.

GUTIÉRREZ, W.; ZALDIVAR, J.; DEZA, S.; REBAZA, M. 1996. Determinación de los requerimientos de proteína y energía en juveniles de Paco, *Piaractus bachypomus* (Pises Characidae). Folia amazônica, 8(2): 3545.

INPA, 2001. Boletín Estadístico Pesquero. Santafé de Bogotá.139 pp.

JANTRAROTAI, W., SITASIT, P., JANTRAROTAI, P., et al. 1998. Protein and energy levels for maximum growth, diet utilization, yield of edible flesh and protein sparing of hybrid *Clarias* catfish (*Clarias macrocephalus* x *C. gariepinus*). J. World Aquaculture Soc. 29 (3):281-289.

KIM, K.I., KAYES, T.B., AMUDDSON, C.H. 1991. Purified diet development and re-evaluation of the dietary protein requirement of fingerling rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture 96:57-67.

KUBITZA, F., LOVSHIN, L 1999. Formulated diets, feeding strategies, and cannibalism control during intensive culture of juvenile carnivorous fishes. Reviews in Fisheries Science. 7(1) 1-22.

LEE, D.J., PUTNAM G.E. 1973. The response of rainbow trout to varying protein / energy ratios in a test diet. Journal of Nutrition, 103: 916-922.

MACEDO - VIEGAS, E.M.; CASTAGNOLLI, N., CARNEIRO, D.J. 1996. Níveis de proteína bruta em die-



- tas para o crescimento do Tambaqui, *Colossoma macropomum*, Cuvier 1818 (Pisces, Characidae). Revista UNIMAR 18 (2):321-333.
- MACHIELS, M.A., HENKEN, M.A. 1985. Growth rate, feed utilization and energy metabolism of the african catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822), as affected by dietary protein and energy content. Aquaculture, 44:271-284.
- MAZID, M. A., TANAKA, Y., KATAYAMA, T., RAHMAN, M.A., SIMPSON, K.L., CHICHESTER, C.O. 1979. Growth response of *Tilapia zilli* fingerlings fed isocaloric diets with variable protein levels. Aquaculture, 18: 115-122.
- MURILLO, R.; ARIAS, J. A.; SUÁREZ, H., PACHÓN, M. 1999. Ensayos de alimentación de Yamú en etapa de levante. IALL Universidad de los Llanos. Villavicencio, Colombia. 10p.
- NRC 1993. Nutrient requirements of fish. Washington, D.C., 115 p.
- NRC. 1983. Nutrient requirements of warmwater fishes and shellfishes. National Academy of Sciences. Washington, D. C. 102 p.
- OGINO, C., CHIOU, J.Y., TAKEUCHI, T. 1976. Protein nutrition in fish VI: Effect of dietary energy sources on the utilization of protein by rainbow trout and carp. Bulletin of Japanese Society of Scientific Fisheries. 42 (2) 213-218.
- PAGE, J.W., ANDREWS, J.W. 1973. Interactions of dietary levels of protein and energy on Channel catfish *Ictalurus punctatus*. Journal of nutrition 103: 1339-1346.
- PEREIRA-FILHO, M., CASTAGNOLLI, N., GRAE, E. W., STORTI-FILHO, A., PEREIRA, M. I. O. 1995. Efeito de diferentes níveis de proteína e de fibra na alimentação de juvenis de matrinhá *Brycon cephalus*. Acta Amazônica, 25(1/2), p. 137-144.
- PEZZATO, L.E. 2001a. Exigências nutricionais de peixes tropicais. Memórias del curso intensivo de nutrición y alimentación en acuicultura. Tercer Seminario Internacional de Acuicultura. Universidad Nacional de Colombia. P. 20-30.
- PEZZATO, L. E., BARROS, M.M; PEZZATO, AC; MIRANDA, E.C.; QUINTERO, P.LG., FURUYA, W.M. 2000. Relación energía:proteína en la nutrición de alevinos de Piaçu (*Leporinus macrocephalus*). Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia. AEXVEZUN. 47 (2): 2-6.
- SA, M.V.C, 2000. Exigencia proteica e relação energia/proteína para alevinos de Piracanjuba *Brycon orbignyianus*. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis-Brasil. 30 p.
- SALINAS, J. C. 2002. Estudio preliminar para la determinación de los requerimientos de proteína cruda en juveniles de yamú, *Brycon siebenthalae* (EIGENMANN, 1912). Tesis de pregrado para optar al título de Zootecnista, Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 90 pp.
- SAMANTARAY, K, MOHANTY, S.S. 1997. Interactions of dietary levels of protein and energy on fingerling snakehead, *Channa striata*. Aquaculture 156: 241-249.
- SAMPAIO, AM de B, 1999. Relação energia:proteína na nutrição do Tucunaré (*Cichla sp*). Anais do III Simpósio sobre manejo e nutrição de peixes. Campinas, SP. 79-88.
- SERRANO, J.A, NEMATIPOUR, G.R, GATLIN, D.M. 1992. Dietary protein requirement of red drum (*Sciaenops ocellatus*) and relative use of dietary carbohydrate and lipid. Aquaculture, 101 :283-291
- SHIAU, S., HUANG, S.L. 1990. Influence of varying energy levels with two protein concentrations in diets for hybrid tilapia (*O.niloticus* X *O. aureus*) reared in seawater. Aquaculture, 91: 143-152.
- SHIAU, S., LAN, C.W., 1996. Optimum dietary protein level and protein to energy ratio for growth of grouper *Epinephelus malabaricus*. Aquaculture 145 (1-4):256-266.
- SHYONG, W.J., HUANG, C.H., CHEN, H.C. 1998. Effects of dietary protein concentration on growth on muscle composition of juvenile *Zacco barbata*. Aquaculture 167. 35-42.
- SUÁREZ M. H. 2000. Proyecto de investigación aplicada "Estimación de parámetros básicos de cultivo y alimentación del Yamú *Brycon siebenthalae*." Informe, IALL - Universidad de los Llanos.
- VÁSQUEZ, T.W., PEREIRA FILHO, M., ARIAS-CASTELLANOS, J. A. 2002. Estudos para composição de uma dieta referência semipurificada para avaliação de exigências nutricionais em juvenis de Pirapitinga *Piaractus brachypomus* (CUVIER 1818). R. Bras. Zootec. 31 (2): 283-292.
- VÁSQUEZ, T. W. 2001. Exigências de proteína, gordura e carboidratos em dietas para crescimento de juvenis de Pirapitinga, *Piaractus brachypomus*. Tese de Doutorado. Programa de Biología Tropical e Recursos Naturais. - Curso Biología de água Doce e Pesca Interior. Universidade de Amazonas-Instituto de Pesquisas da Amazônia, Tese de Doutorado. Manaus-Brasil. 89 p.
- WINFREE, R A, STICKNEY, RR 1981. Effects of dietary protein and energy on growth feed conversion efficiency and body composition of *Tilapia aurea*. Journal nutrition. 111:1001-1012.