

Efecto del nivel de proteína en la dieta y alimentos comerciales sobre el crecimiento y la alimentación en juveniles del robalo blanco, *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792)

Effect of dietary protein level and commercial feeds on growth and feeding of juvenile common snook, *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792)

Vicente Gracia-López¹

Tsai García-Galano²

Gabriela Gaxiola-Cortés³

Jorge Pacheco-Campos⁴

¹ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.
Mar Bermejo 195
Col. Playa Palo Sta. Rita
La Paz, CP.23090, Baja California Sur, México
E-mail: vinny@cibnor.mx

² Centro de Investigaciones Marinas
Universidad de La Habana
Calle 16 #114, entre 1era y 3era
Miramar Playa
Ciudad de La Habana, Cuba

³ Grupo de Biología Marina Experimental
Facultad de Ciencias, UNAM
Calle 26, No. 1, Playa Norte
Apartado postal 69
Cd. del Carmen, Campeche, México

⁴ Facultad de Ciencias Pesqueras
Universidad Autónoma del Carmen
Calle 56 y Av. Concordia
Cd. del Carmen, Campeche, México

Recibido en febrero de 2003; aceptado en julio de 2003

Resumen

Mediante dos experimentos se probaron los efectos de diferentes niveles de proteína en la dieta y de tres alimentos comerciales sobre el crecimiento y la eficiencia alimentaria en juveniles de robalo blanco, *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792). En el primer experimento (60 días) se alimentaron juveniles (peso inicial = 2.9 g) mantenidos a 26.6°C con una de cuatro dietas isocalóricas que contenían diferentes porcentajes proteicos (dieta A = 28.8%, dieta B = 40.4%, dieta C = 53.4% y dieta D = 65.8%). Las fuentes de proteína fueron harinas de camarón, soja y pescado. La mayor ganancia en peso y los mayores crecimiento específico y factor de conversión del alimento se obtuvieron con las dietas B, C y D. No hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) entre estos tres tratamientos. La tasa de eficiencia proteica disminuyó al aumentar el nivel de proteína en la dieta, resultando máxima en los peces alimentados con la dieta A. En el segundo experimento (65 días) se observaron los efectos de alimentos comerciales (para tilapia, bagre y trucha) y de la dieta C en juveniles de robalo blanco (peso inicial = 22.7 g) a 29.1°C. No hubo diferencias significativas entre la ganancia de peso obtenida con la dieta C y la obtenida con el alimento para trucha. La ganancia de peso fue mayor en los peces alimentados con la dieta C y el alimento para trucha, comparadas con los alimentados con *pellets* para tilapia y bagre ($P < 0.05$). La tasa de crecimiento específico y el factor de conversión del alimento fueron mayores con la dieta C, obteniéndose diferencias significativas entre todos los tratamientos. La tasa de eficiencia proteica para los peces alimentados con la dieta C, y los alimentos para trucha y tilapia no fueron significativamente diferentes. Los resultados de este estudio confirman la capacidad del robalo blanco para alimentarse de *pellets*, su adaptación a los alimentos secos, el potencial de los alimentos comerciales para cultivar robalo, y los requerimientos relativamente altos de proteína en su dieta.

Palabras clave: *Centropomus undecimalis*, nutrición, nivel de la proteína, robalo.

Abstract

Preliminary results of the effects of different dietary protein levels and commercial feeds on growth and feeding of juvenile common snook, *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792), were obtained under controlled laboratory conditions in two experiments. In the first experiment (60 days), juveniles (initially 2.9 g) maintained at 26.6°C were fed one of four isocaloric experimental diets containing different protein levels (diet A = 28.8%, diet B = 40.4%, diet C = 53.4%, and diet D = 65.8%). Shrimp-, soybean-, and fish-meal were used as protein sources. Best growth, specific growth rate, and feed conversion ratio were obtained with diets B, C, and D. There were no significant differences ($P > 0.05$) among these three treatments. Protein efficiency ratio decreased as the level of dietary protein increased and was highest for fish fed diet A. In the second experiment (65 days), the effects of three different commercial pellets (for tilapia, catfish, and trout) and diet C were determined on snook (initially 22.7 g) at 29.1°C. There was no significant difference in fish weight gain between diet C and trout pellets. Significantly higher ($P < 0.05$) weight gain was achieved with diet C and trout pellets compared with that of fish fed the tilapia and catfish pellets. Specific growth rate and feed conversion ratio were best with diet C, and significant differences among all treatments were obtained. Protein efficiency ratio for fish fed diet C and trout and tilapia feeds was not significantly different. The results confirm the snook's ability to feed on pellets, its capability to adapt to dry feeds, the potential of commercial feeds for raising snook, and its relatively high dietary protein requirement.

Key words: *Centropomus undecimalis*, nutrition, dietary protein level, commercial feeds.

Introducción

El robalo blanco, *Centropomus undecimalis*, es un pez marino carnívoro (Marshall, 1958) importante para la industria pesquera comercial y recreativa en el Golfo de México (Tucker *et al.*, 1985). La disminución de los stocks naturales en muchas áreas (Taylor *et al.*, 1998) y el potencial económico que existe en el desarrollo de tecnologías para cultivar el robalo y para repoblar áreas naturales ha incrementado el interés por esta especie. Se han realizado investigaciones extensas en diversos laboratorios sobre desoves, cría larval, producción de juveniles y técnicas de destete (Ager *et al.*, 1978; Edwards y Henderson, 1987; Maciorowski *et al.*, 1987; Roberts, 1987; Tucker, 1987); consumo de oxígeno (Peterson y Gilmore, 1991); y procesos osmorreguladores (Pérez-Pinzón y Lutz, 1991). Asimismo, se han estudiado la biología de la reproducción enfocada en los procesos ováricos y testiculares y los ritmos de desove (Grier y Taylor, 1998; Taylor *et al.*, 1998; Grier, 2000). Sin embargo, la información sobre los requerimientos nutritivos para esta especie está incompleta.

La proteína en la dieta es considerada uno de los factores más importantes en la nutrición de peces marinos y de agua dulce, por lo que se necesita mucha información para formular dietas adecuadas a cada especie. El metabolismo de los peces es diferente al de otros vertebrados que poseen una gran eficacia en el uso de la energía bruta. Los peces requieren un porcentaje alto de proteína en su dieta debido a que éstos la usan para fines energéticos (Walton, 1987). Los requerimientos diarios de proteína están influenciados por la edad (Satia, 1974), la temperatura (Cowey y Luquet, 1983) y el estado fisiológico (National Research Council, 1993). Generalmente las especies carnívoras de agua dulce tienen requerimientos de proteína más elevados que los peces herbívoros, al igual que las especies marinas (Cowey *et al.*, 1972). El desarrollo y rentabilidad de los cultivos intensivos de peces dependen inevitablemente de dietas comerciales que sean económicas, satisfagan las necesidades nutricionales y energéticas esenciales, y sean aceptadas por los organismos en cantidades

Introduction

The common snook, *Centropomus undecimalis*, is a carnivorous marine fish (Marshall, 1958) important to the commercial and recreational fishing industry in the Gulf of Mexico (Tucker *et al.*, 1985). Depletion of natural stocks in many areas (Taylor *et al.*, 1998) and the economic potential of developing the technology to culture snook for farming and restocking of wild supplies has led to an increased interest in this species. Extensive research has been performed on laboratory spawning, larval rearing, fingerling production, weaning techniques (Ager *et al.*, 1978; Edwards and Henderson, 1987; Maciorowski *et al.*, 1987; Roberts, 1987; Tucker, 1987); oxygen consumption (Peterson and Gilmore, 1991); and osmoregulatory processes (Pérez-Pinzón and Lutz, 1991). Reproductive biology has been studied, focusing on ovarian and testicular processes and spawning rhythms (Grier and Taylor, 1998; Taylor *et al.*, 1998; Grier, 2000). However, the information on nutritional requirements for this species is incomplete.

Dietary protein is considered one of the most important factors in the growth of both freshwater and saltwater fish. More information is needed to formulate suitable diets. Fish metabolism is different from those of other vertebrates in which the use of gross energy is more efficient. Fish need a greater percentage of dietary protein because they use relatively more protein for energy (Walton, 1987). Daily protein requirements are influenced by age (Satia, 1974), temperature (Cowey and Luquet, 1983), and physiological state (National Research Council, 1993). Generally, carnivorous freshwater species have a higher protein requirement than herbivorous fish, and high requirements have also been observed for saltwater species (Cowey *et al.*, 1972). The development and profitability of intensive fish cultures inevitably depends on commercial diets that are economical, and satisfies the needs for essential nutrition and energy, and are accepted in appropriate quantities to assure good, but efficient growth

apropiadas para asegurar un crecimiento eficiente (De la Higuera, 1987). El potencial económico y las ventajas de manejo de los alimentos balanceados comerciales por encima de los alimentos frescos son: un costo menor por animal, mayor crecimiento, una composición constante, menor riesgo de transmisión de enfermedades infecciosas y mayor estabilidad en la calidad del agua.

El objetivo de este estudio fue evaluar el crecimiento, supervivencia y eficacia de conversión de alimento en juveniles de robalo blanco, *C. undecimalis*, alimentados con dietas experimentales y comerciales.

Materiales y métodos

Este estudio se realizó en la Universidad Autónoma del Carmen, en Ciudad del Carmen, Campeche, México. Los juveniles de robalo blanco fueron recolectados a lo largo del año con atarraya en los fondos poco profundos (aproximadamente 2 m de profundidad), arenosos y fangosos de las áreas de manglar dentro de la Laguna de Términos (2100 km²). Después de la captura los peces se transportaron en recipientes plásticos (500 L) con aireación suplementaria, y se transfirieron a tanques de fibra de vidrio exteriores (2000 L) para su aclimatación. El periodo de aclimatación duró 30 días. Inicialmente, los robalos se alimentaron con juveniles de liseta, *Mugil curema*, vivos (10 días), posteriormente con trozos de camarón, *Litopenaeus setiferus*, y liseta, *M. curema* (10 días), y finalmente, se alimentaron con *pellets* comerciales para trucha (10 días). Durante la aclimatación los robalos se mantuvieron bajo condiciones naturales de fotoperiodo y temperatura, y se disminuyó la salinidad de 26 a 12‰ agregando paulatinamente agua dulce a los tanques.

Antes de ser medidos los peces se anestesiaron usando 50 mg L⁻¹ de metanosulfonato de tricaina (MS-222). El alimento total consumido fue calculado con base en el peso del alimento no consumido. Los peces muertos fueron recogidos de los tanques y su peso registrado.

El factor de conversión (FC), la tasa de eficiencia proteica (PER), el crecimiento específico (CE) y la ración diaria (R) se definieron como:

$$FC = PSAC/PG$$

$$PER = PG/PSPC$$

$$CE = (\ln W_f - \ln W_i) / d \times 100$$

$$R = 100 \times PSAC / (0.5 \times W_i + W_f \times d)$$

donde *PSAC* es el peso seco del alimento consumido, *PG* es el peso ganado por los peces, *PSPC* es el peso seco de la proteína consumida, *W_i* y *W_f* son los pesos inicial y final de los peces, respectivamente, y *d* es el número de días transcurridos.

Para la comparación de medias entre los tratamientos se realizó un análisis de varianza (ANOVA), y en caso de existir diferencias, éstas se analizaron mediante el test de Newman-Keuls (*P* < 0.05). Los datos del porcentaje fueron transformados por el arcoseno antes de su análisis. En ambos

(De la Higuera, 1987). The potential economic and management advantages of formulated feeds over fresh foods are: lower cost per animal, greater growth, consistency of composition, reduction in transmission of infectious diseases, and stability of water quality.

This study was conducted to assess the growth, survival, and feed conversion efficiency of juvenile snook, *C. undecimalis*, fed commercial and experimental pellets.

Material and methods

This study was conducted at the Universidad Autónoma del Carmen in Ciudad del Carmen, Campeche, Mexico, from December 1999 to August 2000. Juvenile common snook, *C. undecimalis*, were collected throughout the year by cast nets over shallow, sandy and muddy bottoms (about 2 m deep) in mangrove areas within Términos Lagoon (2100 km²). After capture, fish were transported in plastic containers (500 L) with supplementary aeration, and then transferred to outdoor fiberglass tanks (2000 L) for acclimatization. The acclimation period lasted 30 days. Snook were initially fed with live *Mugil curema* juveniles (10 days), then with fresh shrimp and *M. curema* meat (10 days), and finally with commercial trout pellets (10 days). During acclimation, snook were maintained under natural photoperiod and temperature conditions. Salinity was decreased from 26 to 12 ppt by adding fresh water to the tanks.

Before being measured, fish were anesthetized with 50 mg L⁻¹ of tricaine methanesulfonate (MS-222). Calculations of total feed consumed were adjusted by the weight of uneaten pellets. Dead fish were removed from the tanks and their weight recorded.

Feed conversion ratio (FCR), protein efficiency ratio (PER), specific growth rate (SGR), and food ration (FR) were calculated as follows:

$$FCR = CFDW/FWG$$

$$PER = FWG/CPDW$$

$$SGR = 100 \times (\ln W_f - \ln W_i) / d$$

$$FR = 100 \times CFDW / (0.5 \times W_i + W_f \times d)$$

where *CFDW* is the dry weight of the feed consumed, *FWG* is the fish weight gain, *CPDW* is the dry weight of the protein consumed, *W_i* and *W_f* are the initial and the final weights of fish, respectively, and *d* is the number of days elapsed.

Means among treatments were compared by analysis of variance (ANOVA), and if differences were found between means, they were analyzed for significance (*P* < 0.05) with the Newman-Keuls test. Percentage data were arcsine transformed before analysis. In both experiments, water temperature, salinity, dissolved oxygen, and pH were measured daily, and ammonia and nitrite were measured on alternate days.

experimentos, la temperatura del agua, la salinidad, el oxígeno disuelto y el pH se midieron diariamente. El amonio y el nitrito fueron medidos en días alternados.

Experimento 1

Para obtener los requerimientos de proteína en la dieta basados en el crecimiento, utilización alimenticia y la supervivencia, los peces aclimatados se transfirieron a 16 acuarios rectangulares de vidrio de 100 L en un laboratorio interior. Los acuarios estaban provistos con filtros externos (Fluval modelo 303) compuestos de fibra, carbón activado y arena, y filtros internos con arena de fondo. En cada acuario se colocaron 10 juveniles (2.90 ± 0.49 g a 3.02 ± 0.45 g), utilizando cuatro acuarios por tratamiento. No hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los pesos iniciales de los diferentes tratamientos. Los peces se pesaron y midieron al principio del experimento, y cada 15 días hasta el final del experimento.

Las cuatro dietas usadas en este experimento tenían un contenido de energía similar y fueron formuladas para lograr porcentajes de proteína del 28.8% (A), 40.4% (B), 53.4% (C) y 65.8% (D) (tabla 1). Las dietas se prepararon mezclando completamente los ingredientes secos con el aceite, y agregando el agua hasta que se alcanzó una consistencia de masa dura. Esta mezcla se pasó a través de un molinillo de carne, y los fideos resultantes se secaron con aire a 60°C. Después de secar, la dieta preparada se trocó y cribó a un tamaño conveniente.

La tabla 1 presenta la composición de ingredientes de las dietas experimentales. Se determinaron contenido proteico (Kjeldahl), lípidos (extracto de éter), humedad y contenido de ceniza (AOAC, 1984). Los hidratos de carbono se estimaron por la diferencia. La energía bruta fue calculada a partir de los factores de conversión: proteína = 16.74 kJ g^{-1} , lípidos = 37.67 kJ g^{-1} , e hidratos de carbono = 16.74 kJ g^{-1} (Garling y Wilson, 1976). La proporción proteína/energía (mg proteína cruda kJ^{-1} en 1 g de dieta) fue de 38.4 a 17.1 mg kJ^{-1} , y la proporción de energía de proteína a energía de otros componentes (tomando los valores energéticos anteriores) varió de 1.79 a 0.40, a medida que el porcentaje de proteína dietética disminuyó. Los peces se alimentaron a saciedad dos veces al día (09:00 y 19:30) durante 60 días. La temperatura del agua se mantuvo entre 25°C y 29°C ($26.6 \pm 0.93^\circ\text{C}$), la salinidad entre 11.1 y 13.3‰ (media 12.2‰), el amonio y nitritos $< 0.327 \text{ mg L}^{-1}$, el pH fue de 7.6 a 7.8 (media 7.7), y el oxígeno disuelto de 7.2 a 7.6 mg L^{-1} (media 7.3 mg L^{-1}).

Experimento 2

En este experimento se comparó la eficacia de tres alimentos comerciales con la de la dieta C (53.4% de proteína) del primer experimento (tabla 2). Los peces se capturaron y aclimataron según el protocolo descrito anteriormente y durante 3 días, antes de empezar el experimento, se alimentaron cuatro grupos de peces con las dietas de la tabla 2. Se colocaron siete peces entre 22.0 y 23.6 g, al azar, en cada

Experiment 1

To determine preliminary results of the dietary protein requirements based on growth, feed utilization, and survival, acclimatized fish were transferred to sixteen 100-L rectangular glass aquaria in an indoor laboratory. The aquaria were equipped with external filter systems (Fluval model 303) composed of fiber, activated charcoal and sand, plus internal gravel-sand bottom filters. Ten juveniles were stocked in each aquarium, with four replicate aquaria per treatment. Fish were weighed (2.90 ± 0.49 g to 3.02 ± 0.45 g) at the beginning of the experiment and every 15 days until the end. There were no significant differences ($P > 0.05$) in initial weights between treatment groups.

The four diets used had similar energy content, and were formulated to achieve protein levels of 28.8% (diet A), 40.4% (diet B), 53.4% (diet C), and 65.8% (diet D). The diets were prepared by thoroughly mixing dry ingredients with oil and then adding water until a stiff dough consistency was reached. This mixture was passed through a meat grinder, and the resulting spaghetti-like strands were air-dried at 60°C. After drying, the prepared diet was broken up and sieved to a convenient pellet size.

The protein/energy ratio ranged from 38.4 to 17.1 mg kJ^{-1} , and the ratio of protein energy to energy from other components varied from 1.79 to 0.40, as the percentage of dietary protein decreased. Table 1 presents the ingredient composition of the experimental diets. Protein, lipid, moisture, and ash content were determined (standard Kjeldahl method for protein, ether extraction for lipids) (AOAC, 1984). Percent carbohydrate was estimated by the difference. Gross energy was based on conversion factors: protein = 16.74 kJ g^{-1} , lipid = 37.67 kJ g^{-1} , and carbohydrate = 16.74 kJ g^{-1} (Garling and Wilson, 1976). Fish were fed to satiation twice daily (09:00 and 19:30) for 60 days. Water temperature was 25–29°C ($26.6 \pm 0.93^\circ\text{C}$), salinity was 11.1–13.3 ppt (mean 12.2 ppt), and ammonia and nitrite levels were $< 0.327 \text{ mg L}^{-1}$; pH ranged from 7.6 to 7.8 (mean 7.7), and dissolved oxygen from 7.2 to 7.6 mg L^{-1} (mean 7.3 mg L^{-1}).

Experiment 2

This experiment compared the performance of three commercial feeds with that of diet C from in experiment 1 (table 2). Fish were captured and acclimatized according to the previously described protocol. Four groups of fish were fed with their experimental diet for 3 days before starting the experiment. Fish were fed either a trout, catfish, or tilapia commercial diet (Malta Texo de México, S.A. de C.V.), or diet C, which had provided the best results in experiment 1 (better weight gain, feed conversion ratio, and specific growth rate). Fish were fed to satiation three times a day (08:00, 13:00, and 18:00).

Seven fish (ranging from 22.0 to 23.6 g) were randomly assigned to each of 12 cylindrical black plastic tanks (500 L)

Tabla 1. Formulación y composición de las cuatro dietas del experimento 1.**Table 1.** Formulation and composition of the four diets in experiment 1.

Formulación (g/100 g dieta)	Dieta			
	A	B	C	D
Harina de pescado	40	29	16	6
Harina de camarón	20	20	20	20
Harina de soya	18	15	11	5
Caseína	7	7	7	7
Lecitina	2	2	2	2
Aceite de hígado de bacalao	5.5	6.5	8	9
Almidón precocido	0	13	20	33.5
Premezcla de vitaminas y minerales*	2.5	2.5	2.5	2.5
Ligando (carboximetilcelulosa)	5	5	5	5
Celulosa	0	0	8.5	10.35
Composición (g/100 g materia seca)				
Proteína	65.75	53.36	40.44	28.75
Lípidos	12.84	13.18	12.23	11.78
Carbohidratos	7.74	20.53	32.71	45.09
Fibra	1.93	2.63	6.05	6.22
Ceniza	11.74	10.30	8.57	8.16
Energía total (kJ g ⁻¹)	17.14	17.33	16.85	16.80
Proteína/energía (mg proteína cruda kJ ⁻¹)	38.36	30.78	24.00	17.11
Energía proteica/energía no proteica	1.79	1.06	0.67	0.40

* Premezcla de vitaminas y minerales tomada de De la Higuera *et al.* (1989).

Tabla 2. Composición (g/100 g peso seco) de las dietas utilizadas en el experimento 2.**Table 2.** Composition (g/100 g dry weight) of the diets used in experiment 2 (diet C, tilapia, catfish and trout).

Composición	Dietas			
	C	para tilapia	para bagre	para trucha
Proteína	53.36	34.1	39.8	51.1
Lípidos	13.18	3.4	5.1	12.5
Carbohidratos digeribles	20.53	42.0	34.7	14.8
Fibra	2.63	6.8	9.1	5.7
Ceniza	10.30	13.6	11.4	15.9

La composición de las dietas para tilapia, bagre y trucha proviene de Malta Texo de México, S.A. de C.V.

uno de 12 tanques plásticos negros cilíndricos (500 L), para hacer un total de 84 peces. Se asignaron tres tanques para cada tratamiento. El experimento duró 65 días. Los peces se alimentaron a saciedad tres veces al día (08:00, 13:00 y 18:00). Los peces se pesaron a los 10, 20, 35, 50 y 65 días. Diariamente se realizaron recambios de agua a los tanques a una tasa de 300%

for a total of 84 fish. Three replicate tanks were used for each treatment. The experiment lasted 65 days. Fish were weighed at 10, 20, 35, 50, and 65 days. Water was exchanged in the tanks at a rate of 300% daily from a reservoir tank of 10 m³ at 0 ppt salinity. Water temperature was 29.1 ± 0.65°C, salinity was 0 ppt, and ammonia and nitrite were < 0.159 mg L⁻¹.

desde un tanque de 10 m³ de agua a 0 ‰ de salinidad. La temperatura del agua fue de 29.1 ± 0.65°C, y los niveles de amoníaco y nitrito fueron < 0.2 mg L⁻¹.

Resultados

Experimento 1

Aunque la mayor ganancia de peso se obtuvo con la dieta C (CE = 1.23%), no hubo ninguna diferencia significativa ($P > 0.05$) entre los tratamientos de 65.8%, 53.4% y 40.4% de proteína. El ANOVA de la ganancia en peso y el CE mostraron diferencias significativas entre la dieta de 28.8% de proteína y los otros tres tratamientos. El FC fue mejor para las dietas B y C que para la dieta A. La PER disminuyó al aumentar la proteína y se observaron diferencias significativas entre las dietas de 65.8% y 53.4% de proteína, pero no entre las de 40.44% y 28.75%, que presentaron resultados similares. En la tabla 3 se presentan los resultados de CE, FC y PER. La supervivencia con la dieta A fue significativamente más alta que con las otras tres dietas.

Experimento 2

Las ganancias en peso fueron de 31 g con la dieta C, 25 g con los *pellets* para trucha, 18 g con los *pellets* para tilapia, y 11 g con los *pellets* para bagre (tabla 4). No hubo diferencias

Results

Experiment 1

Although higher weight gain was obtained with diet C (SGR = 1.23%), there were no significant differences ($P > 0.05$) among the 65.8%, 53.4%, and 40.4% protein treatments. Analysis of variance of weight gain and SGR between treatments showed significant differences between the 28.8% protein diet and the other three. FCR was better for diets B and C than for diet A. PER decreased with increasing protein level. Significant differences were observed between the 65.8% and 53.4% diets, but not the 40.44% and 28.75%, where similar results were recorded. Results of SGR, FCR, and PER are presented in table 3. Survival was significantly higher with diet A than with the other three.

Experiment 2

Weight gains (table 4) were 31 g with diet C, 25 g with the trout diet, 18 g with the tilapia diet, and 11 g the catfish diet. There was no significant difference in weight gain between diet C and the trout diet, but significant differences were present between these and the tilapia and catfish diets. Figure 1 presents growth in all treatments. SGR was highest with diet C, followed by trout, tilapia, and catfish feeds. Significant

Tabla 3. Peso inicial y final, factor de conversión (FC), tasa de eficiencia proteica (PER), crecimiento específico (CE) y supervivencia del robalo alimentado con cuatro dietas experimentales con diferente nivel proteico. Los valores medios en la misma columna con letra diferente son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

Table 3. Initial and final weight, feed conversion ratio (FC), protein efficiency ratio (PER), specific growth rate (CE), and survival for snook fed on four experimental diets containing different protein levels. The mean values in the same column with different letter are significantly different ($P < 0.05$).

Dieta	Nivel proteico (%)	Peso inicial (g)	Peso final (g)	FC	PER	CE (%)	Supervivencia (%)
D	65.75	2.93 ± 0.38 ^a	5.89 ± 1.24 ^a	1.84 ± 0.27 ^{ab}	0.84 ± 0.13 ^c	1.15 ± 0.11 ^a	75 ^b
C	53.36	2.90 ± 0.49 ^a	6.07 ± 1.46 ^a	1.60 ± 0.17 ^a	1.18 ± 0.13 ^b	1.23 ± 0.11 ^a	75 ^b
B	40.44	3.02 ± 0.45 ^a	5.93 ± 1.14 ^a	1.70 ± 0.16 ^a	1.46 ± 0.14 ^a	1.12 ± 0.08 ^a	72.5 ^b
A	28.75	3.01 ± 0.48 ^a	5.14 ± 0.87 ^b	2.18 ± 0.34 ^b	1.63 ± 0.26 ^a	0.89 ± 0.11 ^b	87.5 ^a

Tabla 4. Peso medio inicial y final, factor de conversión (FC), tasa de eficiencia proteica (PER), crecimiento específico (CE), ración diaria (R) y supervivencia del robalo en el experimento 2. Los valores medios en la misma columna con la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

Table 4. Initial and final weight gain, feed conversion ratio (FC), protein efficiency ratio (PER), specific growth rate (CE = SGW), food ration (R), and survival for snook in experiment 2. The mean values in the same column with the same letter are not significantly different ($P < 0.05$).

Dieta	Peso inicial (g)	Peso final (g)	FC	PER	CE (%)	R (%)	Supervivencia (%)
Dieta C	22.57 ± 5.84 ^a	53.76 ± 15.74 ^a	1.45 ± 0.12 ^a	1.30 ± 0.10 ^a	1.33 ± 0.18 ^a	1.78	95.2 ^a
para Tilapia	22.69 ± 4.94 ^a	40.79 ± 10.55 ^b	2.53 ± 0.48 ^c	1.19 ± 0.24 ^a	0.87 ± 0.27 ^c	1.92	76.2 ^a
para Bagre	22.61 ± 5.23 ^a	33.73 ± 13.24 ^c	3.82 ± 0.46 ^d	0.66 ± 0.09 ^b	0.61 ± 0.23 ^d	2.04	66.7 ^a
para Trucha	22.87 ± 6.07 ^a	47.52 ± 10.70 ^a	1.85 ± 0.14 ^b	1.06 ± 0.09 ^a	1.12 ± 0.13 ^b	1.79	80.9 ^a

significativas entre las ganancias de peso obtenidas con la dieta C y los *pellets* para trucha, pero si las hubo con los tratamientos en los que se usaron los *pellets* para tilapia y bagre. En la figura 1 se muestran las diferencias en crecimiento de los peces en los diferentes tratamientos. El CE fue más alto con la dieta C, seguido por los obtenidos con los *pellets* para trucha, tilapia y bagre, observándose diferencias significativas entre todos los tratamientos. La PER fue para la dieta C fue la más elevada, seguida por la de los *pellets* para tilapia y trucha, pero no se observaron diferencias significativas. La PER en los peces alimentados con bagre fue significativamente menor. El FC fue mejor con la dieta C, seguido por el obtenido con las dietas de trucha, tilapia y bagre. Para el FC se obtuvieron diferencias significativas entre todos los tratamientos. Al final del experimento la supervivencia estuvo entre el 66.6% y el 95.2%, sin diferencias significativas entre los tratamientos.

Discusión

En el experimento 1 todas las dietas fueron eficaces para el crecimiento de los juveniles de robalo blanco (peso medio inicial = 2.9 g), pero el CE, el FC y la PER variaron ampliamente entre las diferentes dietas (tabla 3). Las ganancias en peso de los peces en los tres niveles más altos de proteína no fueron significativamente diferentes entre sí, pero si fueron significativamente más altas que las obtenidas con la dieta más pobre en proteína.

El robalo blanco es un pez carnívoro marino tropical que se alimenta de grandes cantidades de peces y camarones y, por consiguiente, se esperaba un requerimiento alto de proteína en la dieta. En otros peces marinos carnívoros, los niveles de proteína que han producido mayores ganancias de peso han sido de 65% para el lenguado del Atlántico (Aksnes *et al.*, 1996) y de 43% para el salmón del Atlántico (Helland *et al.*, 1991). En este estudio, el robalo blanco creció bien en un amplio rango de proteína dietética, de manera similar a los juveniles de mero de estuario *Epinephelus salmoides* que no presentaron diferencias significativas en crecimiento cuando fueron alimentados con 40% y 50% de proteína (Teng *et al.*, 1978). Gurure *et al.* (1995) encontraron que la trucha de arroyo *Salvelinus fontinalis* no mostró ninguna diferencia significativa en ganancia de peso dentro del rango de 35–55% de proteína cruda digerible, y Ellis *et al.* (1996) encontró resultados similares para meros de Nassau *Epinephelus striatus* alimentados con alimentos comerciales que contenían 55.6% o 61.8% de proteína cruda.

Tucker (1987, 1998) reportó un crecimiento mayor con niveles de 53% de proteína dietética y 15.8% de hidratos de carbono en los juveniles de *C. undecimalis* cultivados en agua dulce, señalando que el alimento de menor calidad fue el que contuvo los mayores niveles de hidratos de carbono y los menores niveles de aceite de pescado.

Aunque se ha puntualizado que la digestibilidad de los hidratos de carbono en los peces marinos es generalmente más baja que para los peces de agua dulce (Steffens, 1989), estas

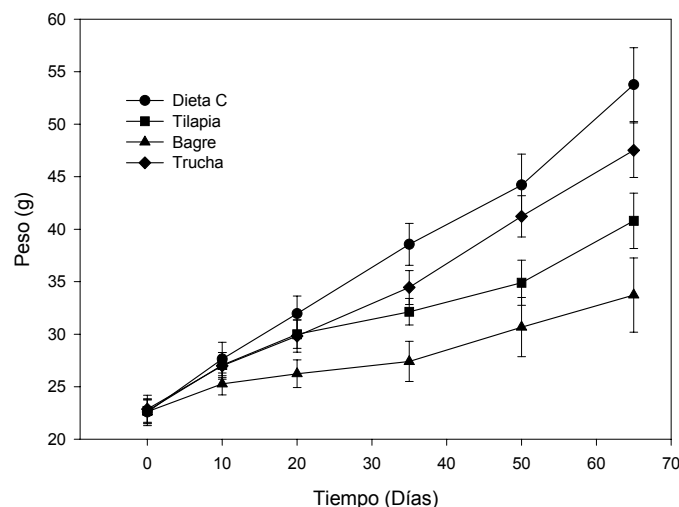


Figura 1. Peso ganado por el robalo alimentado con cuatro dietas (dietas comerciales para tilapia, para bagre y para trucha, y la dieta experimental C) en el experimento 2.

Figure 1. Weight gain for snook fed on one of four diets (tilapia, catfish and trout commercial pellets, and experimental diet C) in experiment 2.

differences were observed among all treatments. PER was highest for diet C, followed by tilapia, and trout feeds, but without significant differences. PER for the catfish feed was significantly lower. FCR was better for diet C than for trout, tilapia, and catfish feeds. Significant differences for FCR were obtained between all treatments. At the end of the experiment, survival ranged between 66.6% and 95.2%, without significant differences among treatments.

Discussion

In experiment 1, all diets were effective in producing growth of juvenile snook (initial mean weight = 2.9 g), but SGR, FCR, and PER varied widely among dietary protein levels (table 3). Weight gain of fish at the three highest protein levels were not significantly different among each other, but all three were significantly higher than that obtained with the lowest protein level (28.75%).

Common snook is a tropical carnivorous marine fish that feeds on large quantities of fish and shrimp and, therefore, high protein requirement would be expected. In other carnivorous marine fish, the levels of protein that produce maximum weight gain range from 65% for Atlantic halibut (Aksnes *et al.*, 1996) to 43% for the Atlantic salmon (Helland *et al.*, 1991). In this study, common snook grew well with a wide range of dietary protein, as did juvenile estuary grouper *Epinephelus salmoides*, for which there was no significant difference in growth between fish fed 40% and 50% protein (Teng *et al.*, 1978). Gurure *et al.* (1995) found that brook trout *Salvelinus fontinalis* showed no significant difference in weight gain in the range of 35–55% digestible crude protein, and Ellis *et al.* (1996) found similar results for Nassau groupers *Epinephelus*

diferencias podrían relacionarse con la cantidad relativa de actividad de la amilasa presente en el sistema digestivo de especies diferentes (Wilson, 1994). Los valores altos de hidratos de carbono (33%) de la dieta que contiene 40.4% de proteína, no parecen afectar el crecimiento de juveniles cuando se comparan con los resultados obtenidos con dietas que contienen 65.8% y 53.4% de proteína, y 8% y 21% de hidratos de carbono, respectivamente.

En este estudio, la energía total de la dieta total fue equilibrada por el incremento de hidratos de carbono en la dieta a medida que la cantidad de proteína disminuía. Wilson (1994) ha señalado que los niveles apropiados de hidratos de carbono se sitúan alrededor de 20%. El crecimiento más bajo se obtuvo con 45% de hidratos de carbono en la dieta. Esto puede relacionarse con el exceso de glucosa derivado del almidón incluido en la dieta. En los peces se ha demostrado una capacidad baja de utilización de niveles altos de glucosa en la dieta.

La PER disminuyó con un aumento de la proteína desde 28.75% a 65.75%. De la Higuera *et al.* (1989) encontraron una disminución en la PER para la anguila europea *Anguilla anguilla* relacionado con un aumento de la proteína en la dieta; Martínez-Palacios *et al.* (1996) reportaron el mismo modelo para el cíclido mexicano *Cichlasoma urophthalmus*, y Ellis *et al.* (1996) observaron unos resultados similares para el mero de Nassau.

El crecimiento fue máximo, el FC bueno y el CE similar en los robalos alimentados con las dietas con las proporciones de proteína/energía más altas (24 a 38.36 mg kJ⁻¹). En un estudio, Yousif *et al.* (1996) observaron que el crecimiento y el FC mejoraron para *Siganus caniculatus* a medida que la proporción de proteína digerible/energía digerible aumenta. Para obtener un crecimiento más rápido en peces de mayor tamaño, podría necesitarse una disminución en la proporción de proteína/energía (Einen y Roem, 1997).

Una proporción de proteína/energía óptima permite al animal utilizar la cantidad máxima de proteína para estar disponible para el crecimiento minimizando la cantidad usada para la energía. La proporción de proteína/energía de alimentos con los que se obtuvieron el crecimiento mayor está en el rango de 38–24 mg kJ⁻¹. Otros investigadores, que han estudiado a la familia Centropomidae, obtuvieron resultados similares (Tubongbanua, 1987; Tucker, 1987; Catacutan y Coloso, 1995).

En el experimento 2, todas las dietas fueron eficaces para el crecimiento de los juveniles de robalo, pero se obtuvieron diferencias en las tasas de crecimiento y en la utilización del alimento. Los peces alimentados con la dieta C y con alimento para trucha tuvieron las mayores tasas de crecimiento, pero el mejor FC se obtuvo con la dieta C. La tasa de eficiencia proteica fue mejor con la dieta C, con los *pellets* para trucha y los *pellets* para tilapia, en comparación con la obtenida con el alimento para bagre. Es difícil determinar las razones por las que se obtuvieron estas diferencias entre las dietas suministradas en el experimento, pero los alimentos con más

striatus fed commercial feeds containing 55.6% or 61.8% crude protein.

Tucker (1987, 1998) reported the best growth with 53% of dietary protein level and 15.8% of carbohydrate in juveniles of *C. undecimalis* raised in fresh water, and indicated that the lowest quality feed was that with the highest carbohydrate and the lowest fish oil levels.

Even though it has been pointed out that carbohydrate digestibility in marine fish is generally lower than in fresh-water fish (Steffens, 1989), these differences could be related to the relative amount of activity of amylase present in the digestive system of different species (Wilson, 1994). The high values of carbohydrate (33%) of the diet containing 40.4% of protein, do not seem to affect the growth of juveniles when compared with the results obtained using diets containing 65.8% and 53.4% of protein, and 8% and 21% of carbohydrates.

In this study, total diet energy was balanced by the increase in dietary carbohydrates as the protein content decreased. Wilson (1994) pointed out that optimal levels of carbohydrate for marine fishes are ~20%. The lowest growth rate was obtained with 45% of dietary carbohydrates, and this can be related to the excess of glucose derived from starch included in the diet. Fishes have been found to present a low capability of utilization of high levels of dietary glucose.

PER decreased with increasing protein from 28.75% to 65.75%. De la Higuera *et al.* (1989) found a decrease in PER for European eel *Anguilla anguilla* as the dietary protein increased; Martínez-Palacios *et al.* (1996) found the same pattern for Mexican cichlid *Cichlasoma urophthalmus*, and Ellis *et al.* (1996) reported similar results for Nassau grouper.

Maximum growth, better FCR, and similar SGR were obtained for snook fed diets with the highest protein/energy ratios (24 to 38.36 mg kJ⁻¹). In a study by Yousif *et al.* (1996), growth and FCR for small rabbit fish *Siganus caniculatus* improved as the digestible protein/digestible energy ratio increased. To obtain faster growth of bigger fish, a decrease in the protein/energy ratio may be needed (Einen and Roem, 1997).

Optimal protein/energy ratio allows the maximum amount of protein to be available for growth by minimizing the amount used for energy. The protein/energy ratio of feeds resulting in the best growth are in the range of 38–24 mg kJ⁻¹. Other researchers, working on the family Centropomidae, obtained similar results (Tubongbanua, 1987; Tucker, 1987; Catacutan and Coloso, 1995).

In experiment 2, all diets were effective for raising juvenile snook, but differences were obtained in growth rates and feed utilization. Fish fed either diet C or trout pellets gave the best growth rates, but FCR was better for diet C. PER was better for diet C, trout pellets, and tilapia pellets than for catfish pellets. It is difficult to determine the reasons for these differences, but feeds with higher protein and lipid levels were more effective than those with lower levels. High carbohydrate levels in the tilapia and catfish feeds could be a partial explanation. Also,

proteína y lípidos fueron más eficaces en este estudio que los que contenían menos proteína y lípidos. Las mayores cantidades de hidratos de carbono en los alimentos para tilapia y bagre podrían ser una explicación parcial de tales diferencias. También, las diferencias en la composición del alimento podrían explicar algunas de las diferencias observadas, ya que esta especie pudiera responder a alimentarse en términos de asimilación y digestibilidad. La dieta para trucha fue la mejor entre las dietas comerciales.

Los resultados de este estudio aumentan las perspectivas para el cultivo de juveniles silvestres de robalo blanco, debido a la adaptación rápida a las dietas formuladas después de la captura. Se obtuvo un crecimiento y supervivencia alta con el alimento seco, sin alimento fresco suplementario, durante 65 días.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a muchas personas que gastaron su tiempo y dieron consejos y apoyo a lo largo del proyecto. El texto en inglés fue editado por Ira Fogel, en el CIBNOR en La Paz, BCS, México. El proyecto robalo fue financiado a través del Fideicomiso de Estudios y Proyectos de Investigación Pesquera, de la Secretaría de Pesca del Estado de Campeche, México.

Referencias

- Ager, L.A., Hammond, D.E. and Ware, F. (1978). Artificial spawning of snook. Proc. Annu. Conf. SE Assoc. Game and Fish Commissioners, 30 (1976): 158–166.
- Aksnes, A., Hjertnes, T. and Opstvedt, J. (1996). Effects of dietary protein level on growth and carcass composition in Atlantic halibut (*Hypoglossus hypoglossus* L.). Aquaculture, 145: 225–233.
- AOAC (1984). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 14th ed. AOAC, Arlington, VA, 1411 pp.
- Catacutan, M.R. and Coloso, R.M. (1995). Effect of dietary protein to energy ratio on growth, survival and body composition of juvenile Asian seabass, *Lates calcarifer*. Aquaculture, 131: 125–133.
- Cowey, C.B. and Luquet, P. (1983). Physiological basis of protein requirements of fishes. Critical analysis of allowances. IV Int. Symp. Protein Metabolism and Nutrition. Colloq. INRA, No. 16, Paris, pp. 365–384.
- Cowey, C.B., Pope, J.A., Adron, J.W. and Blair, A. (1972). Studies on the nutrition of marine flatfish. The protein requirements of plaice, *Pleuronectes platessa*. Brit. J. Nutr. 28: 447–456.
- De la Higuera, M. (1987). Requerimientos de proteína y aminoácidos en peces. En: J. Espinosa de los Monteros y U. Labarta (eds.), Nutrición en Acuicultura. Vol. II. Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica, Madrid, pp. 53–98.
- De la Higuera, M., García-Gallego, M., Sanz, A., Hidalgo, M.C. and Suárez, M.D. (1989). Utilization of dietary protein by the eel, *Anguilla anguilla*: Optimum dietary protein levels. Aquaculture, 79: 53–61.
- Edwards, R.E. and Henderson, B.D. (1987). An experimental hatchery project: Studies of propagation, culture and biology of snook (*Centropomus undecimalis*). Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst., 38: 211–221.

differences in feed composition might account for different results because species respond to feed in terms of assimilation and digestibility. It appears that the commercial trout feed was the best commercial one.

Results from this study are encouraging for the growth of wild juvenile common snook because of the fast adaptation to formulated diets after capture. Growth and high survival with dry feed were obtained without any supplemental fresh food for 65 days.

Acknowledgements

The authors express their sincere appreciation to the many people who gave time, advice, and support. Editing of the English text was provided by Ira Fogel at CIBNOR in La Paz, BCS, Mexico. The snook project was supported by the Fideicomiso de Estudios y Proyectos de Investigación Pesquera of the Fisheries Department of the state of Campeche, Mexico.

English translation by the authors.

- Einen, O. and Roem A.J. (1997). Dietary protein/energy ratios for Atlantic salmon in relation to fish size: Growth, feed utilization and slaughter quality. Aquacult. Nutr., 3: 115–126.
- Ellis, S., Viala, G. and Watanabe W.O. (1996). Growth and feed utilization of hatchery-reared juvenile Nassau grouper fed four practical diets. Prog. Fish-Cult., 58: 167–172.
- Garling, D.L. and Wilson, R.P. (1976). Optimum dietary protein to energy ratio for channel catfish fingerlings *Ictalurus punctatus*. J. Nutr., 106: 1368–1375.
- Grier, H. (2000). Ovarian germinal epithelium and folliculogenesis in the common snook, *Centropomus undecimalis* (Teleostei: Centropomidae). J. Morphol., 243: 265–281.
- Grier, H.J. and Taylor, R.G. (1998). Testicular maturation and regression in the common snook. J. Fish Biol., 53: 521–542.
- Gurure, R.M., Moccia, R.D. and Atkinson J.L. (1995). Optimal protein requirements of young Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) fed practical diets. Aquacult. Nutr., 1: 227–234.
- Helland, S., Storebakken, T. and Gusdale-Helland, B. (1991). Atlantic salmon, *Salmo salar*. In: R.P. Wilson (ed.), Handbook of Nutrient Requirements of Finfish. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 13–22.
- Maciorowski, A.F., Henderson-Arzapalo, A., Roberts, D.E. Jr., Colura R.L. and McCarty, C.E. (1987). Fingerlings production of common snook, *Centropomus undecimalis*, in saltwater ponds. Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst., 38: 190–202.
- Marshall, A.R. (1958). A survey of the snook fishery of Florida, with studies of the biology of the principal species, *Centropomus undecimalis* (Bloch). Florida State Board of Conservation Tech. Ser., 22: 5–37.
- Martínez-Palacios, C.A., Harfush-Meléndez, M. and Chávez-Sánchez, C. (1996). The optimum dietary protein level for the Mexican cichlid *Cichlasoma urophthalmus* (Günther): A comparison of estimates derived from experiments using fixed-rate feeding and satiation feeding. Aquacult. Nutr., 2: 11–20.
- National Research Council (1993). Nutrient Requirements of Warmwater Fishes and Shellfishes. National Academy Press, Washington, D.C.

- Pérez-Pinzón, M.A. and Lutz, P.L. (1991). Activity related cost of osmoregulation in the juvenile snook, *Centropomus undecimalis*. Bull. Mar. Sci., 48: 58–66.
- Peterson, M.S. and Gilmore, R.G. Jr. (1991). Eco-physiology of juvenile snook *Centropomus undecimalis* (Bloch): Life-history implications. Bull. Mar. Sci., 48: 46–57.
- Roberts, D.E. Jr. (1987). Induced maturation and spawning of common snook, *Centropomus undecimalis*. Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst., 38: 222–230.
- Satia, B.P. (1974). Quantitative protein requirements of rainbow trout. Prog. Fish-Cult., 36: 80–85.
- Steffens, W. (1989). Principles of Fish Nutrition. Ellis Horwood, Chichester, UK, 384 pp.
- Taylor, R.G., Grier, H.J. and Whittington, J.A. (1998). Spawning rhythms of common snook in Florida. J. Fish Biol., 53: 502–520.
- Teng, S-K., Chua, T-E. and Lim, P-E. (1978). Preliminary observation on the dietary protein requirement of estuary grouper, *Epinephelus salmoides* Maxwell, cultured in floating net-cages. Aquaculture, 15: 257–271.
- Tubongbanua, E.S. (1987). Development of artificial diets for sea bass (*Lates calcarifer*). Austral. Ctr. Internat. Agric. Res. Proc., (20): 186–188.
- Tucker J.W. Jr. (1987). Snook and tarpon snook culture and preliminary evaluation for commercial farming. Prog. Fish-Cult., 49: 49–57.
- Tucker, J.W. Jr. (1998). Marine Fish Culture. Kluwer Academic Publ., 748 pp.
- Tucker J.W. Jr., Landau, M.P. and Falkner, B.E. (1985). Culinary value and composition of wild and captive common snook, *Centropomus undecimalis*. Fla. Sci., 48: 196–200.
- Walton, M.J. (1987). Metabolismo de proteínas y aminoácidos en peces. En: J. Espinosa de los Monteros y U. Labarta (eds.), Nutrición en Acuicultura. Vol. I. Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica, Madrid, pp. 225–281.
- Wilson, R.P. (1994). Utilization of dietary carbohydrate by fish. Aquaculture, 124: 67–80.
- Yousif, O.M., Osman, M.F., Anawhi, A.A. and Cherian, T. (1996). Optimum protein to energy ratio for two size groups of rabbitfish, *Siganus canaliculatus* (Park). Aquacult. Nutr., 2: 229–233.