

Effects of different dietary of protein and lipid levels on the growth of freshwater prawns (*Macrobrachium carcinus*) broodstock

Efecto de diferentes niveles dietéticos de proteína y lípidos en el crecimiento de reproductores del langostino de agua dulce (*Macrobrachium carcinus*)

Mario Benítez-Mandujano,¹ M.Sc, Jesús T. Ponce-Palafox,^{2*} Ph.D.

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica Multidisciplinaria de los Ríos, Laboratorio de Acuicultura. Carretera a Estapilla km. 1 Col. Solidaridad. Tenosique, Tabasco 86900. México. ²Universidad Autónoma de Nayarit, Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera y Centro de Innovación y Transferencia Tecnológica (CENITT). Tepic, Nayarit 63155. México. *Correspondencia: jesus.ponce@usa.net

Received: February 2013; Accepted: August 2013.

ABSTRACT

Objective. Evaluate the effects of varying dietary protein and lipid levels on the growth and body composition of adult freshwater prawns, *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus 1758), in a recirculation system for 11 weeks (77 days). **Materials and methods.** The experimental treatments were assigned in triplicate. Six test diets were formulated with three different protein levels (35, 40 and 45%) and two lipid levels (8 and 13%). **Results.** The highest survival rate, growth indices and feed utilization were observed for *M. carcinus* adults fed protein:lipid diets of 35:13, 40:13 and 45:13, and the lowest values for these parameters were recorded for prawns fed diets with the lowest lipid levels; the differences in these parameters between these types of diets were significant ($p < 0.05$). A nonsignificant tendency for an increased percentage of protein in the body with an increased dietary protein level was observed. The percentage of lipids decreased with an increasing dietary protein level, and no definite trends in ash content were found. **Conclusions.** The results suggest that a diet with 35% dietary crude protein and 13% lipids enhances the growth and body composition of adult *M. carcinus*.

Key words: Diets, growth, *Macrobrachium*, nutrition (Source: CAB).

RESUMEN

Objetivo. Evaluar los efectos de diversos niveles dietéticos de proteína y lípidos en el crecimiento y composición corporal de reproductores del langostino de agua dulce *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus 1758), en un sistema de recirculación durante 11 semanas (77 días). **Materiales y métodos.** Los tratamientos experimentales fueron asignados por triplicado. Seis dietas de prueba fueron formuladas con tres niveles diferentes de proteínas (35, 40 y 45%) y dos niveles de lípidos (8 y 13%). **Resultados.** Se observó la tasa más alta de supervivencia, índices de crecimiento y utilización del alimento para ejemplares adultos de *M. carcinus* alimentados con niveles dietarios de proteína: lípidos de 35:13, 40:13 y 45:13, mientras que el valor más bajo en estos parámetros se registró en langostinos alimentados con el nivel más bajo de lípidos; las diferencias en estos parámetros entre estos tipos de dietas fueron

significativas ($p < 0.05$). Se observó una tendencia no significativa en un aumento del porcentaje de proteína en el cuerpo con un nivel mayor de proteína dietética. El porcentaje de lípidos disminuyó con un nivel de proteína dietario creciente, y no se encontró ninguna tendencia definida en el contenido de cenizas. **Conclusiones.** Los resultados sugieren que una combinación de dieta de proteína cruda del 35% y 13% de lípidos mejora el crecimiento y composición corporal de *M. Carcinus* adultos.

Palabras clave: Crecimiento, dietas, *Macrobrachium*, nutrición (Fuente: CAB).

INTRODUCCIÓN

El langostino de agua dulce *Macrobrachium carcinus*, uno de los palaemónidos más grandes de América, vive en aguas salobres y frescas del norte, centro y sur de América (desde Florida hasta el sur de Brasil) y en las Indias Occidentales (1). La especie es una importante fuente local de proteínas para el consumo humano a lo largo del Océano Atlántico en América Latina. Aunque los ejemplares adultos de *M. carcinus* viven y se reproducen principalmente en agua dulce, el desarrollo larvario se produce sólo en agua salobre. Esta es una especie de interés comercial que ha sido explotada por la industria pesquera en varios países. En los estudios de idoneidad de esta especie para propósitos de acuicultura se ha reportado la posibilidad de cultivar artificialmente y criar exitosamente las larvas en la etapa juvenil (2).

El alimento es uno de los factores más importantes que afectan el crecimiento, conversión alimentaria y composición de la canal de langostinos de agua dulce (3). Los langostinos en todas las etapas de desarrollo se alimentan tanto de material animal como vegetal, incluyendo insectos acuáticos, peces, moluscos, otros crustáceos, algas, hojas y tallos de plantas acuáticas y semillas de plantas de diversos tipos (2). Una ligera preferencia por alimentos de origen animal es observable en gambas con una longitud total mayor a 26 mm.

Los langostinos de agua dulce son considerados como un manjar y por lo tanto tienen una alta demanda en mercados nacionales y extranjeros. Son bien conocidos como un alimento alto en proteínas y bajo en grasa, que contiene un 16-19% de proteínas, 1.0-2.2% de lípidos totales y 85-90 kcal de energía bruta (2). Las investigaciones sobre sus hábitos de alimentación y preferencias alimentarias sugieren que las larvas de *M. carcinus* prefieren alimento vivo y móvil, en este caso los nauplios de *Artemia salina* (2). Se han realizado pocos estudios sobre la nutrición y alimentación de ejemplares jóvenes de *M. carcinus* (1). Los ejemplares adultos de *M. carcinus* fueron alimentados con pellets de camarón (Purina K-35) que contienen un 35% de proteína. En el langostino malayo *M. rosenbergii*, la dieta de los especímenes adultos tiene una influencia tanto en el tamaño y la composición bioquímica de los huevos (4). Dietas con diferentes

INTRODUCTION

The freshwater prawn *Macrobrachium carcinus*, one of the largest American palaemonids, lives in fresh and brackish waters of eastern North, Central and South America (Florida to southern Brazil) and the West Indies (1). The species is an important local source of protein for human consumption along the Atlantic Ocean in Latin America. Though *M. carcinus* adults live and breed mainly in fresh water, larval development occurs only in brackish water. This is a species of commercial interest that has been exploited by the fishery industry in several countries. Studies of the suitability of this species for aquaculture purposes have reported the possibility of artificially cultivating and successful rearing the larvae through the juvenile stage (2).

Food is one of the most important factors affecting the growth, feed conversion and carcass composition of freshwater prawns (3). Prawns in all stages of development feed upon both animal and vegetable material, including aquatic insects, fish, mollusks, other crustaceans, algae, leaves and stems of aquatic plants and plant seeds of various types (2). A slight preference for animal food is observable in prawns above 26 mm in total length.

Freshwater prawns are considered a delicacy and are therefore in high demand in domestic and foreign markets. They are well known as a high-protein and low-fat food, containing 16-19% protein, 1.0-2.2% total lipids and 85-90 kcal of gross energy (2). Investigations into their feeding habits and food preferences suggest that *M. carcinus* larvae prefer live, mobile food, in this case the nauplii of *Artemia salina* (2). A few studies have been carried out on juvenile *M. carcinus* nutrition and feeding (1). *M. carcinus* adults were fed camaronina pellets (Purina K-35) containing 35% protein. In the Malaysian prawn *M. rosenbergii*, the adult diet influences both the size and biochemical composition of the eggs (4). Diets differing in protein content affect the quality of eggs produced by adults of both *M. rosenbergii* and *M. tenellum* (4).

contenidos de proteína afectan la calidad de los huevos producidos por los ejemplares adultos de *M. rosenbergii* y *M. tenellum* (4). El objetivo de este estudio fue determinar que los efectos de un aumento de la proteína en la dieta de animales adultos de *M. carcinus* para evaluar de mejor manera su crecimiento y calidad nutricional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Dietas experimentales. En la tabla 1 se muestran los ingredientes y el contenido nutricional de cada dieta experimental. Se formularon seis dietas experimentales con varios niveles de proteína dietaria (35, 40 y 45%) y niveles de lípidos dietarios (8 y 13%). Todos los ingredientes secos fueron finamente molidos, cuidadosamente pesados y mezclados manualmente. Luego se agregó aceite de pescado lentamente mientras la mezcla era revuelta continuamente, y luego se agregó agua (25-30, v/p) para lograr una mezcla homogénea. La mezcla de alimento se llevó entonces a través de una prensa de extrusión con un troquel de 2.5 mm de diámetro. Los pellets de alimento producidos para cada dieta experimental fueron secados al aire libre y almacenados a -15°C hasta su uso.

Langostinos y diseño experimental. Los ejemplares adultos de *M. carcinus* fueron capturados en el río Usumacinta enfrente de la localidad de El Recreo (17°, 28.53' N, 91° 25.68' O) en el municipio de Tenosique, Tabasco, México. Los animales

The aim of this study was to determine the effects of increased protein in the diet of *M. carcinus* adults to better assess their growth and nutritional quality.

MATERIALS AND METHODS

Experimental diets. The ingredients and nutrient content of each experimental diet are shown in table 1. Six experimental diets were formulated with various dietary protein levels (35, 40 and 45%) and dietary lipid levels (8 and 13%). All dry ingredients were finely ground, carefully weighed and manually mixed. Fish oil was then added slowly while mixing continuously, and water (25-30%, v/w) was then added to achieve a homogenous mixture. The feed mix was then passed through a screw extrusion press with a 2.5 mm-diameter die. Feed pellets produced for each experimental diet were air dried and stored at -15°C until use.

Prawn and experimental design. Adult *M. carcinus* were caught in the Usumacinta River in front of the town of El Recreo (17° 28.53' N, 91° 25.68' W) in the municipality of Tenosique, Tabasco, Mexico. The animals were transported to the Aquaculture Laboratory of the Multidisciplinary Academic Division,

Table 1. Composition and proximate analysis of the experimental diets (% , as-fed basis).

Dietary crude Protein (%)	35	35	40	40	45	45
Dietary Lipid Total (%)	8	13	8	13	8	13
Ingredient (%)						
Fish meal ¹	37.0	37.1	41.0	42.0	40.9	46.0
Soybean meal ²	21.5	22.4	28.8	28.3	35.0	35.5
Sorghum meal ²	28.9	22.7	17.9	12.1	7.2	1.2
Polychaete meal ³	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Gelatin ⁴	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Fish oil ⁵	2.0	6.5	1.7	6.2	1.3	5.9
Soy lecithin ⁶	0.2	0.9	0.2	0.9	0.2	0.9
Super HUFA ⁷	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Vitamin C ⁸	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Cholesterol ⁹	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Vitamin premix ¹⁰	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3
Mineral premix ¹¹	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Proximate composition (% , as-fed basis)						
Crude protein	35.5	35.0	40.0	40.2	45.3	45.0
Lipid total	8.1	13.2	8.0	12.9	7.9	13.0
Fiber	1.2	1.1	1.2	1.1	1.3	1.2
Ash	10.4	10.5	11.1	11.8	12.0	11.6
Carbohydrate	35.4	30.2	29.7	24.4	24.1	19.2
Gross energy (MJ/g)	19.5	19.7	19.6	19.9	19.4	19.8

¹Proteínas e insumos marinos de Guadalajara Jalisco, México crude protein 635 g/kg, crude lipid 87 g/kg (dry weight basis). ²Galmex; soybean meal: crude protein 465 g/kg, crude lipid 13 g/kg. ³Salt Creek, Inc 3528 West 00.South, Sal Lake City, Utah 84104. ⁴Wilson, México. ⁵Sigma. ⁶Pronat Ultra, México. ⁷Key HUFA Levels: Sum n3 fatty acids >40% (400 mg/g dry wt.). DHA >30% .EPA >16% .ARA >2.0% . ⁸Rovimix Roche. ⁹Sigma. Japón. ¹⁰Tiamina 60mg/kg, riboflamina 25, Niacin 35, Pyridoxine 45, Pantothenic acid 75, biotin 1, B12 0.01, myoinositol 345, Vitamin A 1, Vitamin D 0.1, Vitamin K 5, ¹¹Rovimix Roche. ¹¹(g/kg de dieta): magnesium sulphate 0.0051, sodium chloride 0.0024, potassium chloride 0.002, ferrous sulphate 0.001, zinc sulfate 0.0002, copper sulfate 0.00000314, manganese sulphate 0.0001015, selenium sulfide 0.000083, calcium chloride 2H₂O 0.00514, phosphate di basic sodium 0.0114.

fueron transportados al Laboratorio de Acuicultura de la División Académica Multidisciplinaria de la Universidad Autónoma de Tabasco, México. Estos fueron aclimatados a condiciones de laboratorio durante 15 días y alimentados con una dieta comercial que contiene un 35% de proteína antes de iniciar el experimento de 77 días. Dieciocho machos y 36 hembras fueron asignados al azar a 18 tanques circulares de plástico (capacidad de 1.000 L). Cada tanque tenía un volumen de operación de 345 L en un área de 1.54 m² y representan un único grupo de tratamiento que albergaba un macho (205.0±87.2 g) y dos hembras (68.6±17.3 g). Se colocó una tubería de PVC (30 cm de largo y 6 cm de diámetro) en cada tanque como refugios para las gambas. Los tanques fueron mantenidos por un sistema de recirculación continua (2%) mediante una bomba de 3/4 Hp (Siemens N, DF, México) que mueve un volumen diario del 300%; el agua era ventilada por un soplador de 1/3 Hp (Pioneer, RB20-510, Ling-Ya, Kaohsiung, Taiwán) y un filtro de arena (ms HAYWARD 180T Nueva Jersey, EE.UU.) proporciona filtración mecánica. Durante el experimento, los langostinos fueron expuestos a un fotoperiodo de 12:12 L:D.

El diseño experimental fue bifactorial, con tres repeticiones por tratamiento: el nivel de proteína en la dieta (35, 40 y 45%) fue designado como el primer factor y el nivel de lípidos dietarios (8 y 13%) como el segundo factor. Los langostinos fueron alimentados con una dieta experimental a saciedad (determinado visualmente) dos veces al día (a las 8:00 y 18:00 horas) durante 11 semanas. Los ejemplares jóvenes muertos y los alimentos sin comer fueron removidos y pesados diariamente. Posteriormente se ajustó la cantidad de alimento proporcionado.

El agua fue ventilada continuamente. El agua recirculada del tanque fue evaluada diariamente a las 10:00 horas con respecto a los siguientes parámetros: temperatura del agua (°C), oxígeno disuelto (mg/L OD), pH, alcalinidad (mg/L) y amoníaco de nitrógeno (N-NH₄) usando un medidor de salinidad ATAGO (precisión de salinidad de ± 0.05%); un medidor YSI-58, Ohio, Springfield, EE.UU. (°C±0.7; OD±0.1 mg/L de precisión); un pH-metro Orion Abilene, TX, EE.UU. (pH±0.01); y un medidor multiparámetro (Hanna C200, Hungría).

Índices de crecimiento y análisis químico.

Se registró el peso grupal, peso individual (g) y longitud total (mm) para cada gamba al final del estudio. Al final de la prueba de crecimiento, todos los langostinos fueron pesados y contados. La ganancia diaria promedio de peso (GDPP, g/d) se calculó de la siguiente forma: $GDPP = (W_f - W_i) / t$. La tasa de crecimiento específico (TCE, % del peso corporal/d) se calculó de la siguiente forma:

Juárez Autonomous University of Tabasco, Mexico. They were acclimated to laboratory conditions for 15 days and fed a commercial diet containing 35% protein before beginning the 77-day experiment. Eighteen males and 36 females were randomly allocated to 18 circular plastic tanks (1000 L capacity). Each tank had an operating volume of 345 L in a 1.54 m² area and represented a single treatment group that housed one male (205.0±87.2 g) and two females (68.6±17.3 g). Pieces of PVC pipe (30 cm long and 6 cm in diameter) were placed in each tank to serve as refuges for the prawns. The tanks were maintained by a continuous recirculation system (2%) via a 3/4 Hp pump (Siemens N, DF, Mexico) that generated a daily turnover volume of 300%; a 1/3 Hp blower (Pioneer, RB20-510, Ling-Ya, Kaohsiung, Taiwan) aerated the water, and a sand filter (ms HAYWARD 180T New Jersey, USA) provided mechanical filtration. During the experiment, prawns were exposed to a 12:12 L:D photoperiod.

The experimental design was bifactorial, with three replicates per treatment: dietary protein level (35, 40 and 45%) was designated the first factor, and dietary lipid level (8% and 13%) was the second factor. The prawns were fed an experimental diet to satiety (determined visually) twice daily (at 8:00 and 18:00 hours) for 11 weeks. Dead juveniles and uneaten food were removed daily and weighed. The amount of food provided was later adjusted.

The water was continuously aerated. Recirculated tank water was tested daily at 10:00 hours for the following parameters: water temperature (°C), dissolved oxygen (mg/L DO), pH, alkalinity (mg/L) and ammonia nitrogen (N-NH₄) using a ATAGO salt-meter (salinity ± 0.05% precision); YSI-58-meter, Ohio, Springfield, USA (°C±0.7; DO±0.1 mg/L precision); pH-meter Orion Abilene, TX, USA (pH±0.01); and multiparameter meter (Hanna C200, Hungary).

Growth rates and chemical analysis. Group weight, individual weight (g) and total length (mm) were recorded for each prawn at the end of the study. At the end of the growth trial, all prawns were weighed and counted. Mean daily weight gain (MDWG, g/d) was calculated as $MDWG = (W_f - W_i) / t$. Specific growth rate (SGR, % body weight/d) was calculated as: $SGR = 100 \times (\ln W_f - \ln W_i) / t$, where ln=natural log, W_f= mean weight at the end of the culture period, W_i= mean weight at the beginning of the experiment, and t=time in days of the experimental period (5). At the end of the

TCE= $100 \times (\ln W_f - \ln W_i) / t$, donde Ln=logaritmo natural, W_f = peso promedio al final del período de cultivo, W_i = peso promedio al principio del experimento y t =tiempo en días del período experimental (5). Al final de la prueba de alimentación, el factor de conversión alimentaria (FCA) fue calculado de la siguiente forma: $FCA = (W \text{ de alimento consumido}) / (W \text{ peso húmedo adquirido})$; el coeficiente de eficiencia proteica (CEP) se calculó de la siguiente forma $CEP = (\text{aumento de peso, g}) / (\text{ingesta de proteína, g})$; y el coeficiente de eficiencia lipídica (CEL) se calculó de la siguiente forma: $CEL = (\text{aumento de peso, g}) / (\text{ingesta de lípidos, g})$. La supervivencia se calculó en base al número de langostinos de agua dulce cosechados: $\text{supervivencia} = [(\text{número de langostinos cosechados}) / (\text{número de langostinos proporcionados})] \times 100$ por cada tanque (5).

Después de la aclimatación, quince gambas fueron muestreadas y almacenadas a -75°C para un análisis posterior de la composición del músculo de la cola. Al final del estudio, se analizaron las gambas en cada tratamiento con respecto a la composición química del músculo de la cola siguiendo los métodos de la Asociación Oficial de Químicos Analistas (6). La proteína cruda ($N \times 6.25$) fue determinada por el método de Kjeldahl después de una digestión ácida utilizando un Sistema de Kjeldahl (2100-Auto-analyzer, Tecator, Höganäs, Suecia), y el contenido de lípidos crudos fue determinado por extracción con éter. El contenido lipídico crudo se cuantificó mediante un analizador automático (Fibertec, Tecator). El extracto libre de nitrógeno (ELN) fue determinado mediante el cálculo de la diferencia.

Análisis estadístico. Todos los datos se presentan como el promedio de tres repeticiones. Los datos fueron sometidos a un ANOVA de dos vías (7), y el nivel de significancia fue fijado en $p < 0.05$. Se utilizó la prueba de rango múltiple de Tukey para clasificar los grupos cuando se alcanzó la significancia estadística. Se realizó un análisis estadístico utilizando el programa Statistica Versión 7.0 para Windows (Statistica Stat Soft, Inc. 2004, EE.UU.).

RESULTADOS

El estudio se realizó en interiores bajo las siguientes condiciones: $28.0 \pm 1.0^\circ\text{C}$, OD 6.5 ± 0.8 mg/L, pH 7.5 ± 0.4 , $N\text{-NH}_4$ 0.24 ± 0.2 mg/L y alcalinidad 170 ± 5.1 mg/L. No se observaron diferencias significativas a lo largo de este estudio en los índices de calidad de agua entre los tratamientos experimentales.

La composición proximal de las dietas experimentales se muestra en la tabla 1. La proteína dietaria total varió de 35.0 al 45.3%, los lípidos totales variaron de 7.9 a 13.2%, los carbohidratos variaron de 19.2 a 35.4 y la energía bruta varió de 19.4 a 19.9 MJ/kg.

feeding trial, the food conversion ratio (FCR) was calculated as $FCR = (W \text{ feed consumed}) / (W \text{ wet weight gained})$; the protein efficiency ratio (PER) was calculated as $PER = (\text{weight gain, g}) / (\text{protein intake, g})$; and the lipid efficiency ratio (LER) was calculated as $LER = (\text{weight gain, g}) / (\text{lipid intake, g})$. Survival was calculated on the basis of the number of freshwater prawn harvested: $\text{survival} = [(\text{number of prawn harvested}) / (\text{number stocked})] \times 100$ per tank (5).

After acclimatization, fifteen prawns were sampled and stored at -75°C for subsequent analysis of the tail muscle composition. At the end of the study, the prawns in each treatment were analyzed regarding the chemical composition of the tail muscle following the methods of the Association of Official Analytical Chemists (6). Crude protein ($N \times 6.25$) was determined by the Kjeldahl method after an acid digestion using an Auto Kjeldahl System (2100-Auto-analyzer, Tecator, Hoganas, Sweden), and crude lipid content was determined by ether extraction. Crude lipid content was quantified by an automatic analyzer (Fibertec, Tecator). Nitrogen-free extract (NFE) was determined by calculating the difference.

Statistical analysis. All data are presented as the mean of three replicates. Data were subjected to a two-way ANOVA (7), and the significance level was set at $p < 0.05$. Tukey's multiple range test was used to rank groups when statistical significance was achieved. Statistical analysis was performed using the STATISTICA program Version 7.0 for Windows (STATISTICA Stat Soft, Inc. 2004, USA).

RESULTS

The study was conducted indoors at $28.0 \pm 1.0^\circ\text{C}$, DO 6.5 ± 0.8 mg/L, pH 7.5 ± 0.4 , $N\text{-NH}_4$ 0.24 ± 0.2 mg/L and alkalinity 170 ± 5.1 mg/L. Over the duration of this study, no significant differences were observed in water quality indices between the experimental treatments.

The proximate composition of the experimental diets is shown in table 1. The total dietary protein ranged from 35.0 to 45.3%, total lipids ranged from 7.9 to 13.2%, carbohydrates ranged from 19.2 to 35.4 % and gross energy ranged from 19.4 to 19.9 MJ/kg diet. During the investigation, the water stabilities of the experimental diets were between 4.0 and 5.0 h.

Durante la investigación, la estabilidad del agua de las dietas experimentales estuvo entre 4.0 y 5.0 h.

Tasa de crecimiento. La tasa de crecimiento y los índices nutricionales asociados se presentan en la tabla 2. La supervivencia para el langostino de agua dulce varió entre el 83.2% y el 100.0% y se observaron importantes efectos dietarios ($p < 0.05$). La supervivencia fue mayor entre los langostinos alimentados con una dieta de proporción P:L de 45:13 y menor para la dieta con una proporción P:L de 40:8. El peso corporal final, GP, TCE y FCA se muestran en la tabla 2. Aunque se presentó crecimiento en todos los tratamientos, los langostinos alimentados con dietas con un 8% de lípidos mostraron un crecimiento más lento que aquellos con una dieta con un 13% de lípidos. Tanto la ganancia diaria promedio de peso y la tasa de crecimiento específico difieren significativamente entre las dietas experimentales ($p < 0.05$); las dietas con cocientes P:L de 35:13, 40:13 y 45:13 mostraron el mayor crecimiento, con la ganancia diaria promedio de peso y crecimiento específico oscilando entre 1.55 y 1.65 g/d y de 0.94 a 1.00%/d, respectivamente, durante 77 días. El FCA se mantuvo entre 2.2 a 2.3, lo que se considera por encima del promedio para langostinos de agua dulce gigantes cultivados y no difirieron entre los grupos dietarios.

Composición de la canal. La composición de la canal de los langostinos de agua dulce alimentados con dietas experimentales se muestra en la tabla 3. Las dietas experimentales no producen ninguna diferencia apreciable en el contenido de humedad de las gambas. Se observó una tendencia no significativa para un mayor porcentaje de proteína corporal con un nivel mayor de proteína dietaria. El porcentaje más alto se observó en la dieta con una proporción de P:L de 45:8 (20.3%), seguida por las dietas con una proporción de P:L de 40:8 (20.1%) y 35:8 (19.0%). La composición de la canal varió significativamente entre dietas con niveles más altos de proteína y aquellas con niveles más altos de lípidos ($p < 0.05$).

Growth performance. Growth performance and the associated nutritional indices are presented in table 2. Survival for the freshwater prawn varied between 83.2% and 100.0%, and significant dietary effects were observed ($p < 0.05$). Survival was highest among prawns fed a diet with a P:L ratio of 45:13 and lowest for the diet with a P:L ratio of 40:8. Final body weight, WG, SGR and FCR are shown in table 2. Although growth occurred across all treatments, prawns fed diets with 8% lipids exhibited slower growth than those given 13% lipids. Both average daily weight gain and specific growth rate differed significantly among the experimental diets ($p < 0.05$); diets with P:L ratios of 35:13, 40:13 and 45:13 showed the greatest growth, with average daily weight gain and specific growth ranging from 1.55 to 1.65 g/d and from 0.94 to 1.00%/d, respectively, over 77 days. FCR remained between 2.2 to 2.3, which is considered above average for cultured giant freshwater prawns, and did not differ among the dietary groups.

Carcass composition. The carcass composition of freshwater prawn fed experimental diets is shown in table 3. The experimental diets produced no appreciable differences in the prawns' moisture content. A nonsignificant tendency for an increased percentage of body protein with an increased dietary protein level was observed. The highest percentage was observed for the diet with a P:L ratio of 45:8 (20.3%), followed by the diets with a P:L ratio of 40:8 (20.1%) and 35:8 (19.0%). Carcass composition differed significantly between diets with higher protein levels and those with higher lipid levels ($p < 0.05$).

Table 2. Growth performance of freshwater prawn *Macrobrachium carcinus* adult fed the different experimental diets for 11 weeks.

Protein (%)	Experimental diets					
	35 Lipid (%) 8	35 13	40 8	40 13	45 8	45 13
Initial length (mm)	173.5±2.9 ^a	165.0±3.6 ^a	169.7±1.9 ^a	168.0±3.2 ^a	160.3±4.2 ^a	163.0±4.7 ^a
Final length (mm)	182.3±3.4 ^a	178.1±4.6 ^a	180.5±2.3 ^a	182.0±3.8 ^a	171.4±4.7 ^b	179.2±5.1 ^a
Initial weight (g)	109.9±5.5 ^a	110.1±7.2 ^a	117.4±6.9 ^a	110.4±4.9 ^a	110.5±5.1 ^a	113.5±4.5 ^a
Final weight (g)	225.2±11.1 ^b	236.9±17.2 ^a	227.5±10.4 ^b	236.1±15.9 ^a	226.7±15.2 ^b	233.2±15.9 ^a
Survival (%)	88.8±2.3 ^b	92.5±1.1 ^{ab}	83.2±2.5 ^b	92.5±2.1 ^{ab}	88.8±1.5 ^b	100.0±1.2 ^a
WG (g/day)	1.45± ^b	1.65±0.1 ^a	1.43± ^b	1.63± ^a	1.51± ^{ab}	1.55± ^a
SGR (%/day)	0.93±0.13 ^a	1.00±0.10 ^a	0.86±0.15 ^b	0.99±0.12 ^a	0.92±0.05 ^b	0.94±0.09 ^a
AFCR	2.1±0.3 ^a	2.3±0.2 ^a	2.2±0.2 ^a	2.3±0.3 ^a	2.1±0.4 ^a	2.2±0.2 ^a
PER	0.89 ^a	0.79 ^a	0.74 ^a	0.69 ^a	0.70 ^a	0.67 ^a
LER	5.0	2.8 ^b	4.6 ^a	2.7 ^b	4.8 ^a	2.8 ^b

WG, average daily weight gain; SGR, specific growth rate; AFCR, apparent feed conversion ratio; PER, protein efficiency ratio; LER lipid efficiency ratio. Values are mean of triplicate. Values within a row with the same superscript letters have no significant difference among groups ($p < 0.05$).

Table 3. Proximate whole carcass composition of freshwater prawn *Macrobrachium carcinus* adult the experimental diets for 77 days.

Protein (%)	35	35	40	40	45	45
Lipid (%)	8	13	8	13	8	13
Moisture (%)	73.8±0.1 ^a	74.7±0.1 ^a	73.6±0.1 ^a	73.1±0.09 ^a	73.5±0.4 ^a	72.7±0.8 ^a
Crude protein (%)	19.0±0.2 ^a	19.5±0.5 ^a	20.1±0.2 ^a	19.8±0.16 ^a	20.3±0.5 ^a	19.9±0.4 ^a
Total lipid (%)	4.3±0.2 ^a	4.7±0.1 ^a	3.6±0.1 ^b	3.9±0.3 ^b	3.7±0.1 ^b	3.9±0.6 ^b
Total ash (%)	2.9±0.1 ^a	2.6±0.1 ^a	2.9±0.1 ^a	3.1±0.4 ^a	3.0±0.2 ^a	3.2±0.2 ^a

Values with the same superscript in a row do not differ significantly ($p < 0.05$). Initial body composition: moisture 75.2%; crude protein 18.4%; total lipid 1.26%; total carbohydrate 2.7%; total ash 2.44%.

DISCUSIÓN

Los parámetros de calidad de agua estaban dentro del rango aceptable para las especies de langostino (8). Las dietas se formularon con ingredientes altamente digestibles similares a los utilizados en dietas experimentales diseñadas para gambas y otros crustáceos decápodos (9). Los langostinos aceptaron y toleraron las dietas experimentales en gran medida, y una examinación general no reveló ningún síntoma patológico o anomalía de ningún tipo. Una supervivencia mayor al 80.0% es considerada como buena en los estudios sobre crustáceos (2).

Aunque las tasas de crecimiento reportadas para langostinos de agua dulce cultivados son altamente variables (10,11), la variación fue baja entre los grupos de tratamiento. Esta baja variación puede atribuirse al mantenimiento de la calidad nutricional en las dietas. Los langostinos de agua dulce alimentados con varias dietas isonitrogenadas que contienen harina de soja y harina de pescado como fuentes de proteína no mostraron un aumento significativo de peso diferente en comparación con los controles. Se encontraron tasas de crecimiento similares para *M. rosenbergii* alimentados con una dieta comercial de camarones o una dieta que contiene harina de pescado, harina de camarones, harina de soja, orujo de mostaza, ajonjolí y arroz salvado (12). En esta etapa postlarval los ejemplares de *M. rosenbergii* exhibieron una conservación de proteínas (9).

Benítez-Mandujano y Ponce-Palafox (2) reportaron valores similares de FCA (2.18-2.43). El FCA es una medida del consumo adecuado de alimentos por el langostino ya que la tasa de consumo de alimentos aumenta a medida que el langostino crece hasta una edad determinada. En *M. rosenbergii*, Hossain et al (12). informó un FCA de 10-18:1 para alimentos crudos, 2-3.5:1 para dietas compuestas, y 2.35 por una dieta que contenga un 37% de proteínas (12). Se registraron valores más altos para el FCA de 3.7 (5 langostinos/m²) a 5.6 (20 langostinos/m²) para ejemplares de *M. rosenbergii* cultivados en tanques de concreto y alimentados con una dieta con un 34% de proteína (13). Sin embargo, se han realizado estudios de alimentación en *M. carcinus* sólo a nivel postlarval (14) y de especímenes

DISCUSSION

The water quality parameters were within the acceptable range for prawn species (8). Diets were formulated using highly digestible ingredients similar to those used in experimental diets designed for prawns and other decapod crustaceans (9). The prawn accepted and tolerated the experimental diets quite, well and a gross examination revealed no pathological symptoms or abnormalities of any kind. Survival greater than 80.0% is considered good in crustacean studies (2).

Although the reported growth rates of cultured freshwater prawns are highly variable (10,11), variation was low among our treatment groups. This low variation may be attributed to the maintenance of nutritional quality across diets. Freshwater prawns fed various isonitrogenous diets containing soybean meal and fish meal as protein sources did not exhibit significantly different weight gain compared to controls. Similar growth rates were found for *M. rosenbergii* fed either a commercial shrimp diet or a diet containing fish meal, shrimp meal, soybean meal, mustard oilcake, sesame meal and rice bran (12). At this stage postlarval *M. rosenbergii* exhibit protein sparing (9).

Similar FCR values (2.18-2.43) were reported by Benítez-Mandujano and Ponce-Palafox (2). FCR is a measure of the proper consumption of feed by prawn since the rate of food consumption increases as the prawn grows until a certain age (12). In *M. rosenbergii*, Hossain et al (12) reported an FCR of 10-18:1 FCR for raw feeds, 2-3.5:1 for compounded diets, and 2.35 for a diet containing 37% protein. Higher FCR values of 3.7 (5 prawns/m²) to 5.6 (20 prawns/m²) were reported for *M. rosenbergii* cultured in concrete tanks and fed a diet containing 34% protein (13). However, feeding studies on *M. carcinus* have been conducted only at the level of postlarvae (14) and juveniles (2); adults and broodstock have not been studied in this regard.

jóvenes (2); los adultos y reproductores no han sido estudiados en este sentido.

Manush et al (13) alimentaron cangrejos de río australianos de agua dulce jóvenes con dietas que contienen niveles de proteína cruda del 15%, 20%, 25% y 30% y encontraron que los niveles de proteína cruda en la canal variaban con respecto al nivel de proteína en la dieta. También se ha demostrado una relación lineal entre la proteína dietaria y la proteína fresca (15). Observamos una relación similar en ejemplares adultos de *M. carcinus*: los niveles de proteína cruda en la canal fueron significativamente superiores en langostinos alimentados con dietas ricas en proteínas.

Dietas con cocientes de P:L de 35:13, 40:13 y 45:13 que contienen harina de soja y pescado como fuentes importantes de proteínas tuvieron como resultado un mayor contenido lipídico significativo en la canal ($p < 0.05$) que aquellos con 8% de lípidos. Del mismo modo, Sambhu y Jayaprakas (16) no observaron ninguna diferencia en la longitud total de *Penaeus indicus* alimentados con diferentes dietas.

No se observó ninguna diferencia significativa en el porcentaje total de humedad corporal para distintos tratamientos experimentales. Se reportaron resultados similares para *M. rosenbergii* (17). Sin embargo, la proporción de proteína total, aminoácidos, lípidos, ácidos grasos, los carbohidratos y ARN fue mayor en las hembras de *M. rosenbergii* que en los machos (17). En contraste, el contenido de humedad y cenizas fue mayores en los machos en comparación con las hembras. A pesar de estas diferencias, se observó una tendencia con respecto a los efectos producidos por las dietas con mayores niveles de proteína y lípidos.

En conclusión, los datos aquí presentados sugieren que las dietas experimentales formuladas fueron utilizadas eficientemente por los reproductores de *M. carcinus* para producir un crecimiento satisfactorio y una calidad fresca. Se observó un crecimiento significativamente mejor ($p < 0.05$) en dietas con un 13% de lípidos en comparación con las dietas con un 8% de lípidos. No se observaron diferencias significativas en el porcentaje de proteínas en los músculos con un mayor nivel de proteína dietaria. Sin embargo, se encontró una tendencia relacionada con una mejor calidad nutricional de los langostinos en dietas que contienen un 40% y 45% de proteína.

Manush et al (13) fed juvenile Australian freshwater crayfish diets containing crude protein levels of 15%, 20%, 25% and 30% and found that carcass crude protein levels varied with respect to the dietary protein level. A linear relationship has also been demonstrated between dietary protein and fresh protein (15). We observed a similar relationship in *M. carcinus* adults: carcass crude protein levels were significantly higher in prawns fed high protein diets.

Dietas with P:L ratios of 35:13, 40:13 and 45:13 containing soybean and fish meal as major protein sources resulted in significantly ($p < 0.05$) higher carcass lipid content than those with 8% lipids. Similarly, Sambhu and Jayaprakas (16) saw no difference in the total length of *Penaeus indicus* fed different diets.

No significant difference in whole body moisture percentage was observed for different experimental treatments. Similar results were reported for *M. rosenbergii* (17). However, the proportion of total protein, amino acids, lipids, fatty acids, carbohydrates and RNA were higher in female *M. rosenbergii* than in the males (17). In contrast, the moisture and ash content were higher in males compared to females. Despite these differences, a trend was noted regarding effects produced by diets with increasing protein and lipid levels.

In conclusion, the data presented here suggest that the formulated experimental diets were efficiently utilized by *M. carcinus* broodstock to produce satisfactory growth and fresh quality. Significantly better growth ($p < 0.05$) was observed in diets with 13% lipids compared with diets with 8% lipids. No significant differences were observed in the percentage of protein in muscle with an increasing dietary protein level. However, we found a tendency for improved nutritional quality of prawn in the diets containing 40 and 45% protein.

REFERENCES

1. Benítez-Mandujano MA. *Macrobrachium carcinus* prawns, a research potential. *Panorama Acuicola* 2005; 10(5):25-27.
2. Benítez-Mandujano MA, Ponce-Palafox JT. *Biología, ecología e investigación sobre el langostino de río Macrobrachium carcinus* Linnaeus, 1958. Bloomington. USA: Palibros; 2012.
3. Gupta A, Sehgal HS, Sehgal GK. Growth and carcass composition of giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (De Man), fed different isonitrogenous and isocaloric diets. *Aquacult Res* 2007; 38:1355-1363.
4. García-Ulloa M, Rodríguez H, Ogura T. Calidad del huevecillo de dos especies de langostino (Palaemonidae) del género *Macrobrachium* (*M. rosenbergii*, De Man, 1879, y *M. tenellum*, Smith, 1871) variando la dieta. *Avances Invest Agropec* 2004; 8:1-8.
5. Abbaspour L.D. Survival and growth of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* in relation to different nutrients composition. *J Fish Aquat Sc* 2011; 6:649-654.
6. William H. *Official Methods of Analysis of A.O.A.C.* Arlington, Virginia EE.UU.: The Association of Official Analytical Chemist Inc: 2005.
7. Montgomery, Douglas. *Control Estadístico de la Calidad* 3a Ed. México DF: Limusa-Wiley; 2004.
8. Danaher JJ, Tidwell JH, Coyle SD, Dasgupta S, Zimba PV. Effects of two densities of caged monosex Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, on water quality, phytoplankton populations, and production when polycultured with *Macrobrachium rosenbergii* in temperate ponds. *J World Aquacult Soc* 2007; 38(3):67-382.
9. Goda AM. Effect of dietary protein and lipid levels and protein-energy ratio on growth indices, feed utilization and body composition of freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (de Man 1879) post larvae. *Aquacult Res* 2008; 39:891-901.
10. Tidwell JH, Coyle SD, Dasgupta S. Effects of stocking different fractions of size graded juveniles prawns on production and population structure during a temperature-limited grow out period. *Aquaculture* 2004; 231:123-134.
11. Tidwell JH, Coyle SD, Bright LA, Van Arnum A, Weibel C. The effects of size grading and length of nursery period on growth and population structure of freshwater prawns stocked in temperate zone ponds with added substrates. *Aquaculture* 2003; 21:209-218.
12. Hossain MA, Siddique MAL, Miaje MAH. Development of low-cost feed for culture of giant fresh water prawn *Macrobrachium rosenbergii* de Man in ponds. *Bangladesh J Fish* 2006; 4:127-134.
13. Manush SM, Pal K, Das T, Mukherjee SC. Dietary high protein and vitamin C mitigate stress due to chelate claw ablation in *Macrobrachium rosenbergii* males. *Comp Biochem Physiol Part A Mol Integr Physiol* 2006; 142(1):10-18.
14. Dos Santos EP, Leal ALG, Da Silva PMM, Correia EDS. Influence of different diets in freshwater prawn *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758) larval survival. *Acta Sci Biol Sci* 2007; 29(2):121-124.
15. Ezquerro JM, Salazar JA, Bringas L, Rouzaud O. Effect of dietary protein on muscle collagen, collagenase and shear force of farmed white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Eur Food Res Technol* 2003; 217(4):277-280.
16. Sambhu C, Jayaprakas V. Effect of synthetic feed additive Stafac-20 on the growth characteristics of juveniles of white prawn *Penaeus indicus* (Crustacea/Penaeidea). *Indian J Mar Sci* 2003; 32:76-80.
17. Saravana Bhavan P, Radhakrishnan S, Seenivasan C, Shanthi R, Poongodi R, Kannan S. Proximate composition and profiles of amino acids and fatty acids in the muscle of adult males and females of commercially viable prawn species *Macrobrachium rosenbergii* collected from natural culture environments. *Int J Biol* 2010; 2(2):107-119.