

Research Article

Requerimientos de proteína y energía bruta en juveniles de camarón rosado *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) sometidos a diferentes salinidades

Roberto Ramos¹ & Edeamar Andreatta²

¹Departamento de Acuicultura, Facultad de Recursos del Mar
Universidad de Antofagasta, Antofagasta, Chile

²Departamento de Aqüicultura, Laboratorio de Camarões Marinhos
Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil

RESUMEN. Se determinó el requerimiento de proteína (PB) y energía bruta (EB) y su relación óptima en dietas prácticas para juveniles de camarón rosado *Farfantepenaeus paulensis* en diferentes salinidades. Se sembraron camarones con peso promedio de 0,353 g en 54 estanques de PVC con densidad inicial de 40 ind m⁻². El experimento fue factorial, con tres niveles de proteína bruta 24, 35 y 48%, tres salinidades 10, 20 y 30 psu y dos niveles de energía bruta 3200 y 4200 kcal kg⁻¹ de dieta, con tres réplicas, en un período experimental de 25 días. Los resultados indicaron que la salinidad y la proteína tuvieron un efecto significativo ($P < 0,05$) sobre la ganancia de peso y tasa de crecimiento específico, pero no influyeron en la sobrevivencia. La energía no tuvo efecto significativo ($P > 0,05$) sobre la sobrevivencia, tasa de crecimiento específica y ganancia en peso. La respuesta de los camarones a las necesidades de proteína y energía bruta en las salinidades probadas fue diferente. En la salinidad de 10 psu los requerimientos fueron 35% PB y 4200 kcal kg⁻¹ (83,3 mg PB kcal⁻¹), mientras que en salinidades de 20 y 30 psu fueron 25% de PB y 3200 kcal kg⁻¹ (75,0 mg PB kcal⁻¹).

Palabras clave: *Farfantepenaeus paulensis*, camarón, energía, proteínas, salinidad.

Gross protein and energy requirements for pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) juvenile under different salinities

ABSTRACT. The requirement of gross protein and energy and the optimal ratio of these in practical diets for pink shrimp (*Farfantepenaeus paulensis*) juveniles in different salinities were determined. Shrimp with a mean initial weight of 0.353 g were stocked in 54 plastic tanks at initial densities of 40 ind m⁻². The experiment was factorial, with three levels of gross protein (24, 35, 48%), three levels of salinities (10, 20, 30 psu), and two levels of gross energy (3200, 4200 kcal kg⁻¹); the experiment lasted 25 days and considered three replicates. The results showed that salinity and protein had a significant effect ($P < 0.05$) on weight gain and the specific growth rate, but did not influence on survival. The energy had no significant effect on survival, growth rate, or weight gain. The response of the shrimp to the gross energy and protein level showed different requirements according to the different salinities tested. At salinity of 10 psu, the adequate level was 35% gross protein and 4200 kcal kg⁻¹ (83.3 mg PB kcal⁻¹), whereas at salinities of 20 and 30 psu, levels of 24% gross protein and 3200 kcal kg⁻¹ (75.0 mg PB kcal⁻¹) were appropriate.

Keywords: *Farfantepenaeus paulensis*, shrimp, energy, protein, salinity.

Corresponding author: Roberto Ramos (rramos@uantof.cl)

INTRODUCCIÓN

El alimento natural, a pesar de tener un papel muy importante en los sistemas de cultivo extensivo y semi-intensivo de camarones peneidos, no es sufi-

ciente para sustentar altas producciones, por lo tanto, se requieren dietas nutricionalmente completas y económicamente viables para la expansión de la actividad (Bautista, 1986; Akiyama, 1991; Fróes *et al.*, 2006).

Entre los nutrientes más estudiados están las proteínas, debido a su importancia en la estructura y funcionamiento de todos los organismos vivos, además de tener un efecto económico significativo en los costos de producción de los alimentos formulados (New, 1976; Piedad-Pascual *et al.*, 1990; Eusebio, 1991; Sarac *et al.*, 1993; Fróes *et al.*, 2006). Diversos estudios han demostrado que las necesidades proteicas para la mayoría de las especies y tamaños de camarones peneidos oscilan entre 30 y 57% (Akiyama *et al.*, 1991). Al respecto, Sedgwick (1979) afirma que un equilibrio adecuado de proteínas en la dieta debe sostener un alto crecimiento y baja participación en la producción de energía. Según Kanazawa *et al.* (1981) las necesidades de energía y proteína de camarón están directamente relacionados, y no deben ser estudiados de manera aislada. El conocimiento de la relación proteína: energía es un hecho fundamental para establecer otros requerimientos nutricionales (Bautista, 1986).

Por otra parte, desde el punto de vista de la nutrición de camarones, los estudios que examinan el efecto de la salinidad en los camarones peneidos han recibido escasa atención. Según Zein-Eldin & Aldrich (1965), entre los factores abióticos más importantes en la fisiología de los camarones peneidos están la temperatura y la salinidad, debido a que afectan el crecimiento y sobrevivencia, especialmente en animales que viven un período de su ciclo de vida en el mar y otro en ambiente costero, donde las variaciones oceanográficas son bastante grandes.

La mayoría de los esfuerzos en el estudio de las necesidades nutricionales de camarones peneidos se ha dirigido a determinar las respuestas metabólicas, particularmente asociadas con los procesos de regulación iónica y osmótica. No obstante, se destacan los estudios realizados por Robertson *et al.* (1993) y Coelho (1985) cuyo objetivo fue evaluar el efecto de diferentes niveles de salinidad en las necesidades cuantitativas y digestibilidad aparente de proteína en *Litopenaeus vannamei*, *L. stylirostris*, *Penaeus aztecus*, y *P. japonicus*. El camarón rosado *Farfantepenaeus paulensis* es una especie tolerante al frío que se extiende desde Ilheu (14°50'S) Brasil a Mar del Plata (38°30'S) en Argentina (Soares *et al.*, 2005) siendo un interesante recurso pesquero en el sur de Brasil. Estudios recientes han demostrado que *F. paulensis* es una alternativa viable para la acuicultura (Peixoto *et al.*, 2003; Wasielesky *et al.*, 2004; Ballester *et al.*, 2010). A pesar de la importancia de la especie, los estudios nutricionales han sido orientados de preferencia, para resolver los problemas de la nutrición de larvas (Cerqueira & Beltrame, 1989; Martins *et al.*, 2006; Fernandes *et al.*, 2007). En

cuanto a las necesidades nutricionales en etapas más avanzadas de desarrollo, los estudios son bastante limitados. Entre los pocos estudios existentes destacan los de Marchiori *et al.* (1982) y Rodrigues (1985), que evaluaron solo los requerimientos de proteína cruda, sin considerar los niveles de energía. Por su parte, Fróes *et al.* (2006) demostraron que las necesidades de proteína bruta de juveniles de *F. paulensis* en sistemas sin alimento natural fueron de 450 g kg⁻¹. Por su parte, Ballester *et al.* (2010) determinaron que juveniles de camarón rosado cultivados sin intercambio de agua y flocos en el sistema, requirieron 350 g kg⁻¹ de proteína cruda.

Considerando que el ciclo biológico de *F. paulensis* tiene las mismas características que las otras especies de camarones peneidos, el presente estudio pretende evaluar la influencia de la salinidad en las necesidades de proteína y energía, mediante un experimento a escala de laboratorio para desarrollar raciones específicas que permitan maximizar el crecimiento y sobrevivencia, y reducir los costos de producción en cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó durante 25 días en el Laboratorio de Camarones Marinos (LCM) del Departamento de Acuicultura de la Universidad Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

Se utilizó un diseño factorial que incluyó tres porcentajes de proteína bruta (PB) (24, 35 y 48%), dos niveles de energía bruta (EB) (3200 y 4200 kcal kg⁻¹) de dieta y tres niveles de salinidad (10, 20 y 30 psu) en un diseño de 3x2x3. Las diferentes combinaciones totalizaron 18 tratamientos con tres réplicas cada uno. Se emplearon juveniles de camarón rosado *Farfantepenaeus paulensis* cuyas postlarvas fueron producidas en el sector de larvicultura del LCM. Durante los cinco días previos al inicio del estudio, los camarones fueron aclimatados a diferentes salinidades experimentales. Los camarones fueron pesados individualmente y se colocaron 20 individuos al azar en las unidades experimentales, totalizando 1080 individuos con un peso promedio inicial de 0,353 g ± 0,010. La densidad inicial de cada unidad experimental fue de 40 ind m⁻². Los tratamientos y pesos iniciales se muestran en la Tabla 1.

Se utilizaron 54 estanques de poliuretano de color negro con una capacidad total de 250 L, que se llenaron con 120 L de agua con la salinidad correspondiente a cada tratamiento. También se utilizaron tres estanques de fibra de vidrio cilindro cónico de 2500 L de capacidad para almacenar agua

Tabla 1. Pesos promedios iniciales (g) para cada tratamiento.**Table 1.** Average weight initials (g) for each treatment.

Tratamientos	Proteína bruta (%)	Energía bruta (kcal kg ⁻¹)	Relación P:E	Salinidad (psu)	Pesos iniciales (g ± DE)
1	24	3200	75,0		0,349 ± 0,068
2	24	4200	57,1		0,348 ± 0,080
3	35	3200	109,3		0,355 ± 0,079
4	35	4200	83,3	10	0,345 ± 0,096
5	48	3200	150,0		0,355 ± 0,089
6	48	4200	114,2		0,351 ± 0,078
7	24	3200	75,0		0,361 ± 0,116
8	24	4200	57,1		0,353 ± 0,094
9	35	3200	109,3		0,353 ± 0,107
10	35	4200	83,3	20	0,362 ± 0,103
11	48	3200	150,0		0,366 ± 0,106
12	48	4200	114,2		0,351 ± 0,100
13	24	3200	75,0		0,349 ± 0,095
14	24	4200	57,1		0,347 ± 0,085
15	35	4200	109,3		0,347 ± 0,106
16	35	3200	83,3	30	0,358 ± 0,100
17	48	4200	150,0		0,352 ± 0,085
18	48	3200	114,2		0,353 ± 0,077

con la respectiva salinidad experimental. Para ello se diluyó la salinidad normal del agua de mar (34 psu) con agua dulce. Todas las unidades experimentales fueron aireadas a través de líneas individuales de aire. Para mantener la temperatura del agua estable en 25°C se utilizaron calentadores conectados a un termostato central.

En el experimento se prepararon seis raciones prácticas. La Tabla 2 muestra los ingredientes y sus porcentajes de participación en las dietas experimentales.

Los análisis de la composición química proximal de los ingredientes y dietas se realizaron en el Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos de la Universidad Federal de Santa Catarina. Para el análisis de la energía bruta, las muestras se enviaron al Laboratorio de Nutrición Animal de la Empresa de Investigación Agrícola (EPAGRI) en Lages, Santa Catarina, Brasil.

Al comienzo del experimento, la tasa de alimentación diaria para todos los tratamientos fue equivalente al 15% de la biomasa de camarón, ofrecida una vez al día (11:00 h). Posteriormente, conforme la demanda, la tasa de alimentación se ajustó en 17%, para luego retomar en la última semana del experimento al 15% de la biomasa. El alimento no

consumido de cada tratamiento, fue colectado diariamente mediante sifoneamiento y retenido en un filtro de 300 µm, luego lavado con agua dulce para retirar las sales, colocado en una cápsula petri y secado en una estufa de aire forzado a 80°C por 24 h para obtener peso seco constante. Diariamente, después de la colecta de alimento residual y previo a la nueva alimentación, el agua de las unidades experimentales se renovó en 30% del volumen.

El desempeño de los camarones fue evaluado mediante la sobrevivencia, ganancia en peso, razón de eficiencia proteica (REP), conversión alimenticia aparente (CAA) y tasa de crecimiento específico (TCE). Para el análisis de los resultados, se utilizó un análisis de varianza factorial y el test de contraste de medias de Duncan. En todos los test estadísticos el nivel de confianza fue 95%. Los valores de porcentaje de sobrevivencia y tasa de crecimiento específico se transformaron a sus equivalentes arco seno utilizando las tablas de Steel & Torrie (1988), antes de la aplicación estadística.

RESULTADOS

Los resultados del análisis químico proximal y de energía bruta de las dietas se muestran en la Tabla 3.

Tabla 2. Ingredientes y composición (%) de las dietas experimentales.**Table 2.** Ingredients and composition (%) in the experimental diets.

Ingredientes	Ración experimental					
	1	2	3	4	5	6
Harina de pescado	30	30	30	30	15	30
Salvado de soja	20	20	20	20	5	20
Salvado de maíz	10	10	10	10	5	5
Gelatina *	3,89	3,89	16,70	16,70	45,82	30
Dextrina *	13,45	24,02	2,14	12,72	2,49	6,31
Aceite de pescado	3,0	6,0	1,5	4,5	3,0	3,0
Aceite de soja	1,0	2,0	0,5	1,5	1,0	1,0
Premix mineral (1)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Premix vitamínico (2)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Vitamina C	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
CMC (3)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
BHT (4)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Citrato de sodio	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

*Ingredientes en estado puro

(1) Premix mineral (g kg^{-1}): Mn-90, Zn-97, Fe-80,6, Cu-20, I-1,6

(2) Premix vitamínico (UI Kg^{-1}): A-10x10, D3-2x10, (g Kg^{-1}): E-17,5, K3-1.56, B1-2,0, B2-6,0, B6-3,5, B12-0,012, Ac Fólico-1, Biotina-0,1, Pantot. Ca-11,7, Niacina-28, Selenito de Na-0,135,

(3) CMC: Carboximetilcelulosa

(4) BHT: Butil hidroxitolueno

Tabla 3. Composición proximal de las dietas experimentales. Valores expresados en materia seca (%). P: proteína, E: energía.**Table 3.** Proximate composition of the experimental diets. Values expressed in dry matter (%). P: protein, E: energy.

Nutrientes	Ración experimental					
	1	2	3	4	5	6
Humedad	9,25	10,34	9,54	10,28	10,08	10,57
Proteína bruta	24,12	24,70	35,52	35,02	48,53	48,00
Extracto etéreo	4,45	7,66	3,62	5,01	1,16	2,09
Fibra bruta	19,56	2,74	17,09	2,77	17,86	3,31
Cenizas	24,55	8,37	23,41	9,45	21,96	9,29
Energía bruta (kcal kg^{-1})	3225	4251	3338	4245	3150	4272
Relación P:E (mg PB kcal^{-1})	75,00	57,10	109,30	83,30	150,00	114,20

La Tabla 4 muestra los valores promedio de sobrevivencia, ganancia en peso, incremento de biomasa, relación de eficiencia proteica y la tasa de crecimiento específico para todos los tratamientos en las tres salinidades probadas.

El menor porcentaje de sobrevivencia de los juveniles fue de 56,6% obtenido en la salinidad de 10

psu, con la dieta que contenía 24% PB y 4200 kcal kg^{-1} (P:E 57,1 mg PB kcal^{-1}). En la misma salinidad se alcanzó el mayor porcentaje de sobrevivencia con un 98,3% para las raciones con 35% PB y 4200 kcal kg^{-1} (P:E 83,3 mg PB kcal^{-1}) (Fig. 1, Tabla 4).

A través del análisis de varianza factorial aplicado al porcentaje de sobrevivencia, luego de su transfor-

Tabla 4. Resultados finales de sobrevivencia, ganancia en peso tasa de crecimiento específico (TCE), incremento de biomasa, razón de eficiencia proteica (REP) y conversión alimenticia aparente (CAA) para todos los tratamientos.

Table 4. Mean values of survival, weight gain (TCE), increased biomass, protein efficiency ratio (REP), specific growth rate and apparent feed conversion (CAA).

Tratamiento	PB	EB	P:E	Salinidad (psu)	Sobrevivencia (%)	Ganancia de peso (g)	Incremento de biomasa (g)	TCE	REP	CAA
1	24	3200	75,0	10	93,3	0,170	2,72	1,58	0,92	4,52
2	24	4200	57,1		56,6	0,144	-1,41	1,37	-0,85	-4,89
3	35	3200	109,3		63,3	0,183	-0,36	1,64	-0,04	-63,69
4	35	4200	83,3		98,3	0,195	3,82	1,77	0,63	4,50
5	48	3200	150,0	20	73,3	0,111	-0,22	1,07	-0,21	-9,72
6	48	4200	114,2		81,6	0,161	1,36	1,50	0,25	8,36
7	24	3200	75,0		95,0	0,214	3,91	1,84	1,21	3,45
8	24	4200	57,1		71,6	0,170	0,33	1,55	0,20	21,23
9	35	3200	109,3	30	71,3	0,182	0,69	1,64	0,06	47,15
10	35	4200	83,3		90,0	0,195	2,69	1,71	0,44	6,45
11	48	3200	150,0		78,3	0,117	0,23	1,10	0,08	25,60
12	48	4200	114,2		90,0	0,197	3,05	1,77	0,27	7,75
13	24	3200	75,0	10	93,3	0,242	4,05	2,10	1,30	3,20
14	24	4200	57,1		78,3	0,202	1,37	1,81	0,83	5,04
15	35	3200	109,3		76,6	0,182	1,20	1,67	0,10	28,28
16	35	4200	83,3		93,3	0,209	3,45	1,83	0,49	5,77
17	48	3200	150,0		93,3	0,133	2,04	1,28	0,26	8,07
18	48	4200	114,2		83,3	0,213	2,56	1,88	0,22	9,26

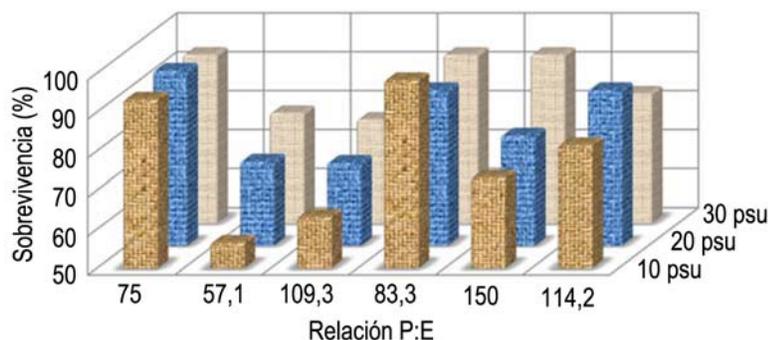


Figura 1. Porcentaje de sobrevivencia de juveniles de camarón rosado *F. paulensis*.

Figure 1. Survival percentages of juveniles of pink shrimp *F. paulensis*.

mación a sus equivalentes arco seno, se determinó que no hubo diferencias significativas ($P > 0,05$) para los factores salinidad, proteínas y energía (Tabla 5). Sólo la interacción entre proteína y energía, mostró un efecto altamente significativo ($P < 0,05$). Mediante la prueba de Duncan se demostró estadísticamente que los mejores resultados de sobrevivencia se alcanzaron por 83,3; 75,0 y 114,2 mg de proteína / kcal de energía (Tabla 6).

Entre todos los tratamientos, la mayor ganancia de peso individual se obtuvo en la salinidad de 30 psu, con 0,242 g cuando se alimentaron con la dieta con 24% PB y 3200 kcal kg⁻¹ (75 mg PB kcal⁻¹). En la salinidad de 20 psu la mayor ganancia en peso individual fue 0,214 g con la misma dieta anterior. Diferente fue el resultado a la salinidad de 10 psu, ya que la mayor ganancia de peso individual (0,195 g) se observó con la dieta que contenía 35% de

Tabla 5. Análisis de varianza factorial para la sobrevivencia en relación a la salinidad, proteína y energía bruta. gl: grados de libertad.

Table 5. Factorial ANOVA for the survival in relation to salinity, protein and gross energy. gl: freedom degree.

Causa de variación	gl	F	P
A: Salinidad	2	1,912	0,1625
B: Proteína	2	0,084	0,9196
C: Energía	1	0,238	0,6335
Interacción			
AB	4	0,443	0,7769
AC	2	0,371	0,7306
BC	2	14,984	0,0000
ABC	4	1,598	0,1959
Residual	36		
Total	53		

PB y 4200 kcal kg⁻¹ (83,3 mg PB kcal⁻¹) (Fig. 2, Tabla 4).

Los valores más bajos de ganancia en peso individual de los camarones fueron con la dieta con 48% PB y 3200 kcal kg⁻¹ (P:E 150,0), con 0,111, 0,117 y 0,133 g, en las salinidades de 10, 20 y 30 psu, respectivamente (Tabla 4). En el análisis de varianza para los factores de salinidad, proteína y energía, se determinaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos para la salinidad y la proteína, pero no para la energía (Tabla 7). No obstante, este análisis mostró una alta interacción entre proteína y energía bruta ($P < 0,05$).

Mediante la prueba de Duncan se demostró que no existían diferencias significativas ($P > 0,05$) entre las medias de ganancia en peso individual para las salinidades de 10 y 20 psu, no así para 30 psu que presentó diferencias estadísticas respecto a las salinidades anteriores (Tabla 8).

Tabla 6. Prueba de Duncan para la sobrevivencia considerando la proteína y energía.

Table 6. Duncan test for survival considering the energy and protein.

Proteína:Energía	Sobrevivencia (valores transformados)	Medias grupos homogéneos
57,1	58,17	c
109,4	59,25	c
150,0	67,57	c
114,2	71,24	b a
75,0	78,51	a
83,3	80,48	a

Letras iguales indican que no hay diferencias significativas.

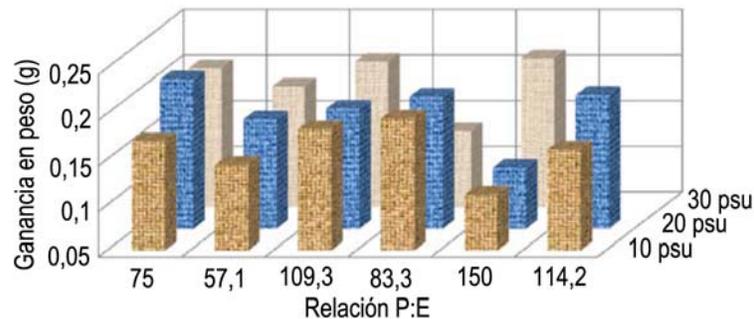


Figura 2. Ganancia en peso (g) de juveniles de camarón rosado *F. paulensis*.

Figure 2. Weight gain (g) of juveniles of pink shrimp *F. paulensis*.

Por su parte, los camarones alimentados con las dietas con 24 y 35% PB no mostraron diferencias significativas entre sí, no obstante, si se encontraron con la dieta con 48% PB. Por otra parte, se pudo

determinar que la ganancia en peso de los individuos no presentó diferencias significativas para 83,3; 114,2; 109,4 y 57,1 mg PB kcal⁻¹, pero si con 150 mg PB kcal⁻¹ (Tabla 8).

Tabla 7. Análisis de variancia factorial para la ganancia en peso individual (g) en relación a los factores salinidad, proteína y energía bruta. gl: grados de libertad.

Table 7. Factorial ANOVA for weight gain (g) considering the salinity, crude protein and gross energy. gl: freedom degree.

Causa de variación	gl	F	P
A: Salinidad	2	4,316	0,0209
B: Proteína	2	5,076	0,0114
C: Energía	1	2,862	0,0993
Interacciones			
AB	4	0,948	0,4479
AC	2	0,092	0,9123
BC	2	8,908	0,0007
ABC	4	0,199	0,9373
Residual	36		
Total	53		

En la Figura 3 se observó que los mayores incrementos de biomasa (g) se obtuvieron en las salinidades de 30 psu (4,05) y 20 psu (3,91) para el tratamiento que recibió la dieta que contenía 24% PB y 3200 kcal kg⁻¹ (P:E 75 mg PB kcal⁻¹). Los valores más bajos se observaron en la salinidad del 10 psu. Los incrementos negativos de biomasa observados en esta salinidad, fueron producidos por la mortalidad y el bajo crecimiento de los camarones en los tratamientos, 2, 3 y 5 (Tabla 4). Debido a estos incrementos negativos de la biomasa no fue posible la aplicación de análisis estadístico.

Los mejores resultados de la tasa de crecimiento específico, se obtuvieron en la salinidad de 20 y 30 psu, con la dieta con 24% PB y 3200 kcal kg⁻¹ (P:E, 75 mg PB kcal⁻¹). En la salinidad de 10 psu la tasa de crecimiento específico más alta se obtuvo con la dieta con 35% PB y 4200 kcal kg⁻¹ (83,3 mg PB kcal⁻¹). Sin embargo, los resultados más bajos se obtuvieron con la dieta que contenía la proteína más alta y la energía más baja, 48% PB y 3200 kcal kg⁻¹ (P:E, 75 mg PB kcal⁻¹) en todas las salinidades evaluadas (Fig. 4, Tabla 4).

En el análisis de varianza factorial, realizado después de la transformación de los porcentajes de la tasa de crecimiento específico a sus equivalentes arco seno, se constató que hubo un efecto significativo de la salinidad y la proteína ($P < 0,05$) y una alta interacción entre proteína y energía (Tabla 9).

La prueba de Duncan no mostró diferencias significativas entre las salinidades de 10 y 20 psu, no obstante, la salinidad de 30 psu presentó diferencias

Tabla 8. Prueba de Duncan para la ganancia en peso (g) considerando la salinidad, proteína bruta y la interacción proteína:energía (P:E).

Table 8. Duncan test for weight gain (g) considering the salinity, crude protein and energy:protein interaction (P:E).

Tratamiento	Ganancia de peso (g)	Medias grupos homogéneos	
Salinidad			
10	0,16	c	b
20	0,17		b
30	0,19		a
Proteína			
48	0,15		b
35	0,18		a
24	0,19		a
Relación P:E			
150,0	0,12	c	
57,1	0,17		b
109,3	0,18		b a
114,2	0,19		b a
83,3	0,20		b a
75,0	0,21		a

Letras iguales indican que no hay diferencias significativas.

significativas. En cuanto a la proteína, los camarones alimentados con raciones de 24 y 35% PB no presentaron diferencias en la tasa de crecimiento específico, pero si difirieron con la ración con 48% de PB. Se determinó que la tasa de crecimiento específico más alta se obtuvo con 75 mg PB kcal⁻¹, aunque no mostró diferencias significativas con las raciones de 83,3; 114,2; 109,3 y 57,1 mg PB kcal⁻¹ (Tabla 10).

Con los resultados de la razón de eficiencia proteica no se llevó a cabo análisis estadístico, debido a que se obtuvieron resultados negativos en el incremento en biomasa, variable utilizada en el cálculo. Al comparar los valores obtenidos en todos los tratamientos, los mejores resultados se obtuvieron con la dieta que contenía 24% PB y 3200 kcal kg⁻¹ (75 mg PB kcal⁻¹) en las salinidades probadas. Es interesante observar que con el incremento de la salinidad, la razón de eficiencia proteica también se incrementó. Los menores valores fueron observados con la dieta con 35% PB y 3200 kcal k⁻¹ g (109,3 mg PB kcal⁻¹). La Fig. 5 y Tabla 4 presentan los valores promedio de la razón de eficiencia proteica para cada tratamiento.

Al igual que en el incremento de biomasa y la razón de eficiencia proteica, no fue posible realizar el análisis estadístico de la conversión alimenticia aparente debido a que algunos tratamientos presen-

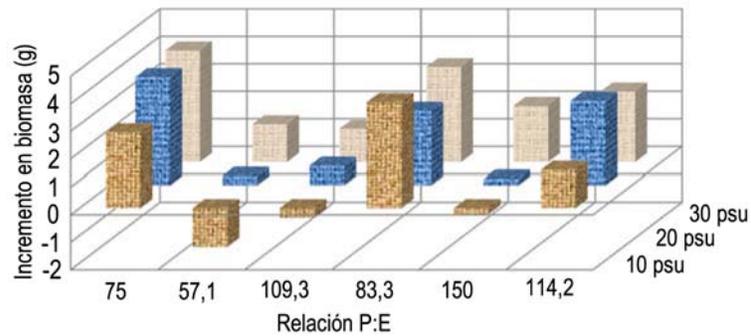


Figura 3. Incremento de biomasa (g) de juveniles de camarón rosado *F. paulensis*.

Figure 3. Biomass increment (g) of juveniles of pink shrimp *F. paulensis*.

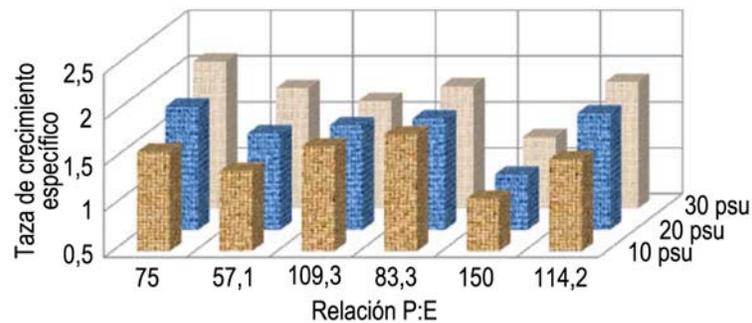


Figura 4. Tasa de crecimiento específico de juveniles de camarón rosado *F. paulensis*.

Figure 4. Specific growth rate of juveniles of pink shrimp *F. paulensis*.

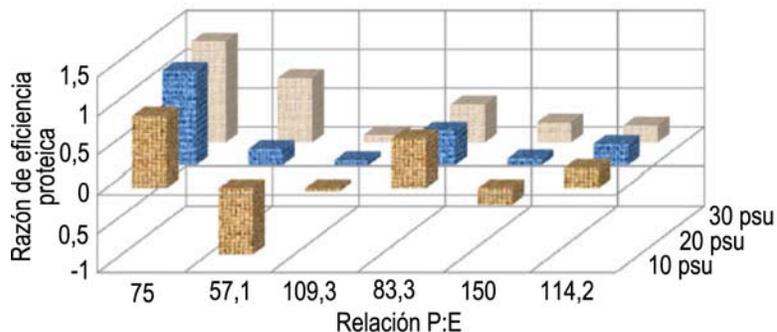


Figura 5. Razón de eficiencia proteica de juveniles de camarón rosado *F. paulensis*.

Figure 5. Protein efficiency ration of juveniles of pink shrimp *F. paulensis*.

taron valores negativos, producto de la mortalidad ocurrida en algunas unidades experimentales (Tabla 4).

A pesar de lo anterior, en la Figura 6 se observa que los mejores resultados se obtuvieron con la dieta que contenía 24% PB y 3200 kcal kg⁻¹ (75 mg PB kcal⁻¹) en las salinidades de 20 y 30 psu. Coincidentemente, en la salinidad de 10 psu los mejores resultados se obtuvieron con las dietas que contenían 35% PB y 4200 kcal kg⁻¹ (83,3 mg PB kcal⁻¹) y 24% PB y 3200 kcal kg⁻¹ (75 mg PB kcal⁻¹).

DISCUSIÓN

Entre los parámetros físicos y químicos del agua de mar, la salinidad y temperatura tienen una marcada influencia en los camarones peneidos, ya que afectan su metabolismo, crecimiento, muda y sobrevivencia (Hennig & Andreatta, 1998) y, posiblemente, también afectan al sistema inmune (Le Moullac & Haffner, 2000 en Perazzolo *et al.*, 2002).

A los niveles estudiados, la salinidad parece no tener un efecto sobre la sobrevivencia del camarón. De

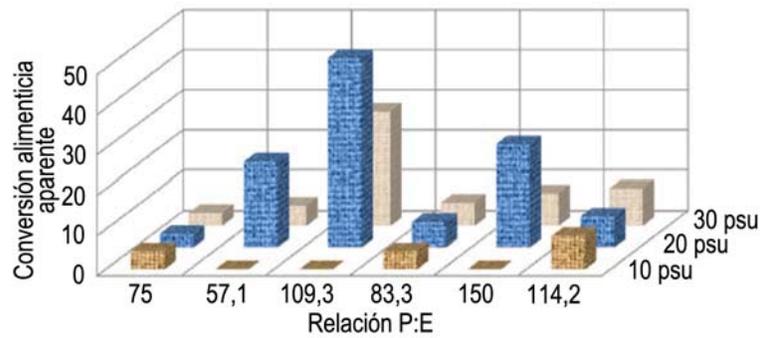


Figura 6. Conversión alimenticia aparente de juveniles de camarón rosado *F. paulensis*.

Figure 6. Apparent feed conversion of juveniles of pink shrimp *F. paulensis*.

Tabla 9. Análisis de varianza factorial para la tasa de crecimiento específico en relación a la salinidad, proteína y energía bruta. gl: grados de libertad.

Table 9. Factorial ANOVA for specific growth rate considering the salinity, crude protein and gross energy. gl: freedom degree.

Causa de variación	gl	F	P
A: Salinidad	2	4,217	0,0226
B: Proteína	2	6,048	0,0054
C: Energía	1	3,606	0,0656
Interacciones			
AB	4	0,777	0,5477
AC	2	0,005	0,9946
BC	2	10,341	0,0003
ABC	4	0,138	0,9669
Residual	36		
Total	53		

hecho, el análisis de varianza aplicado mostró que no hubo diferencia significativa ($P > 0,05$), concordando con los resultados obtenidos por Zein-Eldin & Aldrich (1965) que determinaron que la sobrevivencia en el camarón *Penaeus aztecus* está más relacionada con la temperatura que con la salinidad. Por su parte, Robertson *et al.* (1993), registraron sobrevivencias de 81,6 a 91,6% en *Litopenaeus vannamei* (5,6 g) cuando fueron sometidos a salinidades de 12 y 46 psu y alimentados con niveles de proteína similar a los evaluados en este estudio. Los autores concluyeron que tanto la salinidad como los niveles de proteína no tuvieron efecto significativo en la sobrevivencia de *L. vannamei*. Lo anterior coincide con los resultados obtenidos en este estudio, considerando que no hubo efecto significativo de la salinidad, proteína y energía como factores aislados en la sobrevivencia de juveniles de *F. paulensis*.

Tabla 10. Test de Duncan para la tasa de crecimiento específico para la salinidad, proteína bruta e interacción proteína:energía (P:E).

Table 10. Duncan test for the specific growth rate considering the salinity, crude protein and protein:energy interaction (P:E).

Tratamientos	Tasa de crecimiento específico	Medias grupos homogéneos	
Salinidad			
10	6,96	b	
20	7,22	b	
30	7,60		a
Proteína			
48	6,82	b	
35	7,46		a
24	7,50		a
Relación P:E			
150,0	6,13	c	
57,1	7,15	b	
109,3	7,36	b	a
114,2	7,50	b	a
83,3	7,64	b	a
75,0	7,78		a

Letras iguales indican que no hay diferencias significativas.

A pesar que la salinidad no tuvo un efecto estadísticamente significativo sobre la sobrevivencia del camarón, se puede generalizar que los resultados a las salinidades de 20 y 30 psu son superiores a los obtenidos en el tratamiento con salinidad de 10 psu. Esto se explicaría por los resultados obtenidos por McFarland & Lee (1963), en Venkataramaiah *et al.* (1974) que mostraron que *P. aztecus* es mejor osmoregulador en altas que a bajas salinidades, determinando que el punto isosmótico del camarón se alcanzó cuando las salinidades del medio externo fueron superiores a 18 psu. Resultados similares fueron obtenidos por Rodríguez (1981), en Poli

(1982), que determinó que el punto isosmótico de *Litopenaeus vannamei* está en el rango de 18-20 psu.

Prosser (1973) citado por Ramos & Oliva (1984) observó que, en general, el metabolismo en las especies eurihalinas aumenta en salinidades bajas. Los antecedentes anteriores indican que salinidades bajas pueden causar efectos negativos sobre el camarón, explicando los resultados inferiores obtenidos en la salinidad de 10 psu de este experimento.

Como se mencionó anteriormente, el contenido de proteína y energía bruta de la ración, como factores aislados, no tuvieron ningún efecto sobre la sobrevivencia de los camarones, sin embargo, la interacción proteína:energía mostró un efecto significativo ($P < 0,05$). La tendencia de los resultados indicó que la mortalidad se asoció a los tratamientos con menor relación de proteína:energía (57,1 mg de PB kcal⁻¹). Bautista (1986) determinó altas tasas de mortalidad en camarones juveniles (0,6 g) de *P. monodon*, asociado a dietas con baja proteína y energía (30% PB y 165-335 kcal 100 g⁻¹, respectivamente), explicando esta mortalidad por el desbalance en la proporción de proteína:energía, deficiencia en la composición de aminoácidos de las fuentes de proteína utilizada y al estrés por el proceso de la muda del camarón.

En cuanto al crecimiento de los camarones, se demostró estadísticamente que la salinidad tiene un efecto significativo ($P < 0,05$), sobre la ganancia en peso y la tasa de crecimiento específica. Los mejores resultados de ganancia de peso y tasa de crecimiento específica se observaron en salinidades de 20 y 30 psu, no habiendo diferencias estadísticas entre sí cuando se compararon las medias, lo que sugiere que el confort salino de *F. paulensis* ocurre a salinidades superiores a 20 psu. De hecho, con el incremento de la salinidad se produjo una mejor respuesta a todos los parámetros de crecimiento, en particular, la tendencia se observó en la conversión alimenticia aparente y en la relación de eficiencia proteica, a pesar que no fueron estadísticamente probados, lo que indicaría que el camarón hace un mejor uso de los alimentos disponibles en estas salinidades. Así, con estos resultados se demostró que el camarón tiene necesidades de proteína y de energía diferentes, de acuerdo a las variaciones de salinidad. Así, el camarón *F. paulensis* necesita más proteína y energía (35% PB y 4200 kcal kg⁻¹) para el crecimiento en la salinidad de 10 psu, que en salinidades superiores a 20 psu, donde las exigencias de proteína y energía bruta están en torno del 24% de PB y 3200 kcal kg⁻¹. Al respecto, Dalla-Via (1986) observó que *P. japonicus* sobrevive en salinidades de 10 y 25 psu sólo a través de un alto costo energético. Este autor concluye que *P. japonicus*

prefiere salinidades altas (por encima de 25 psu y hasta 40 psu) para obtener mejores resultados de crecimiento y sobrevivencia.

Estos resultados difieren de los obtenidos por Robertson *et al.* (1993) quienes determinaron que el crecimiento de *L. vannamei* es mayor en la salinidad de 12 psu que a 46 psu. No obstante, los autores recomiendan dietas con altos niveles de proteína a condiciones hipersalinas.

Los niveles de proteína bruta tuvieron un efecto significativo ($P < 0,05$) en la ganancia en peso y tasa de crecimiento específica. Sin embargo, la energía bruta no influyó en ninguno de los parámetros mencionados, mientras que la interacción proteína:energía, sí tuvo un efecto significativo sobre estos parámetros.

Los resultados en la relación de eficiencia proteica indican que los camarones hacen un mejor uso de la proteína disponible cuando la dieta contiene los niveles más bajos de proteína y energía (P:E 75,0 mg de PB kcal⁻¹). En este estudio, los mejores resultados de la relación de eficiencia proteica son comparables a los obtenidos por Koshio *et al.* (1993) para juveniles de *P. japonicus* de 0,4 g alimentados con dietas que contenían entre 21 y 60,7% de PB, determinaron valores entre 1,10 y 1,43. Sin embargo, Lim & Dominy (1990) trabajando con juveniles de *L. vannamei* de 1,02 g y dietas con 36% PB, determinó valores entre 0,83 y 1,61 g. Los bajos resultados obtenidos con las dietas que contenían 35 y 48% de PB y 3200 kcal kg⁻¹, sugieren que la proteína se convierte en energía para satisfacer las necesidades calóricas del camarón más que para crecimiento, siendo confirmado por los bajos resultados de ganancia en peso, tasa de crecimiento específica e incremento de biomasa.

Por otra parte, los mejores resultados de conversión alimenticia aparente fueron obtenidos con raciones con baja proteína y energía, lo que indicó que la dieta es más eficientemente utilizada por los camarones con estas condiciones. Los valores promedios de conversión alimenticia aparente registrados en las salinidades de 20 psu (3,45) y 30 psu (3,2) con la dieta con 24% PB y 3200 kcal kg⁻¹ son comparables a los obtenidos por Camba *et al.* (1993) en juveniles de *L. vannamei* alimentados con 30% de PB, que alcanzaron una conversión alimenticia de 3,32. Galindo *et al.* (1992) determinaron valores de conversión alimenticia aparente entre 4,4 a 7,0 para juveniles de *P. schmitti*. Estos mismos autores observaron que la mejor conversión de alimento (4,4) se obtuvo con la dieta que contenía 25% de PB. Bages & Sloane (1981) evaluaron dietas con proteína y energía bruta entre 25

y 45% y entre 2552 y 3900 kcal kg⁻¹, respectivamente, en juveniles de *P. monodon* concluyendo que la mejor conversión alimenticia aparente de 4,48, fue con la dieta de 35% de PB y 3810 kcal kg⁻¹. Koshio *et al.* (1993) determinaron que *P. japonicus* alcanza su máximo crecimiento con un mínimo de proteína, cuando las necesidades energéticas se cubren con ingredientes no-proteicos. Resultados similares fueron observados por Bautista (1986) y Hajra *et al.* (1988), quienes establecieron para juveniles de *P. monodon* que el mejor nivel de energía para el crecimiento fue de 412,60 kcal 100 g⁻¹ con una P: E 112,2 mg PB kcal⁻¹.

Galindo *et al.* (1992) determinaron que el mejor crecimiento de juveniles de 0,25 g de *P. schmitti* alimentados con dietas con niveles de proteína bruta entre el 10 y 45% y 3000 kcal de energía digestible, se encontró en los tratamientos con la relación de proteína:energía entre 86 y 117 mg PB kcal⁻¹.

Los resultados obtenidos permitieron establecer que el contenido de proteína y energía para el máximo crecimiento y sobrevivencia de los camarones son 24% PB y 3200 kcal kg⁻¹ (P:E 75,0 mg PB kcal⁻¹), en las salinidades de 20 y 30 ‰, mientras que para la salinidad de 10 psu se observaron necesidades del 35% PB y 4200 Kcal kg⁻¹ (P:E 83,3 mg PB kcal⁻¹).

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Laboratorio de Camarones Marino (LCM) del Departamento de Acuicultura de la Universidad Federal de Santa Catarina, por facilitar las dependencias para la realización del experimento. De igual forma, se agradece al Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos de la Universidad Federal de Santa Catarina por el análisis químico proximal de las materias primas y de las raciones elaboradas.

REFERENCIAS

- Akiyama, D.M. 1991. Soybean meal utilization by marine shrimp. Proceedings of the aquaculture feed processing and nutrition workshop. American Soybean Association, Singapore, pp. 207-225.
- Akiyama, D.M., W.G. Dominy & A. Lawrence. 1991. Penaeid shrimp nutrition for commercial feed industry. Proceedings of the aquaculture feed processing and nutrition workshop. American Soybean Association, Singapore, pp. 80-98.
- Bages, M. & L. Sloane. 1981. Effects of dietary protein and starch levels on growth and survival of *Penaeus monodon* postlarvae. Aquaculture, 25: 117-128.
- Ballester, E.L.C., P.C. Abreu, R.O. Cavalli, M. Emerenciano, L. Abreu & W. Wasielesky. 2010. Effect of practical diets with different protein level on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juvenile nursed in a zero exchange suspended microbial flocc intensive system. Aquac. Nut., 16: 163-172.
- Bautista, M.N. 1986. The response of *Penaeus monodon* juveniles to varying protein/energy rations in the diets. Aquaculture, 53: 229-242.
- Camba, E., A. Pedrazzoli, M. Yaguchi & T. Akiyama. 1993. Requerimientos de proteínas en dietas artificiales para juveniles de *Penaeus vannamei*. Memorias. I Congreso Ecuatoriano de Acuicultura. Escuela Politecnica del Litoral, Guayaquil, pp. 53-58
- Cerqueira, V. & E. Beltrame. 1989. Efeito do uso de dietas artificial como complemento da algas e artemias na larvicultura do camarão rosa *Penaeus paulensis*. Simposio brasileiro sobre cultivo de camarão. Anais. João Pessoa: MCR Aquaculture, 1: 491-502.
- Coelho, S. 1985. Efeito de niveis de proteína na dieta e da salinidade sobre a digestibilidade em quatro espécie de camarões peneídeos. Boletim Pesquisa, 13: 41 pp.
- Dalla-Via, G.J. 1986. Salinity response of the juvenil penaeid shrimp *Penaeus japonicus*. II. Free amino acids. Aquaculture, 55: 307-316.
- Eusebio, P.S. 1991. Effect of dehulling on the nutritive value of some leguminous seeds as protein sources for tiger prawn *Penaeus monodon* juveniles. Aquaculture, 99: 303-305.
- Fernandes, S., E. Ballester, J. Monserrat, L. Geracitano, W. Wasielesky & P.C. Abreu. 2007. Contribution of microorganisms to the biofilm nutritional quality: protein and lipid contents. Aquac. Nut., 14(6): 507-514.
- Frões, C.N., M. Abe, W. Wasielesky, C. Prentice & R.O. Cavalli. 2006. Efeitos de dietas práticas com diferentes niveis de proteína bruta na sobrevivência e crescimento do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967). Atlântica, 29: 25-34.
- Galindo, J., I. Fraga & J.S. Alvarez. 1992. Requerimientos proteicos en juveniles de camarón blanco *Penaeus schmitti*. Rev. Cubana Invest. Pesq., 17(1): 47-57.
- Hajra, A., A. Ghosh & S.K. Mandal. 1988. Biochemical studies on the determination of optimum dietary protein to energy ration for tiger prawn, *Penaeus monodon* (Fab.) juveniles. Aquaculture, 71: 71-79.
- Hennig, O. & E.R. Andreatta. 1998. Effect of temperature in an intensive nursery system for *Penaeus paulensis* (Pérez Farfante, 1967). Aquaculture, 164: 167-172.
- Kanazawa, A., S. Teshima, S. Matsumoto & T. Nomra. 1981. Dietary protein requirement of the shrimp

- Metapenaeus monoceros*. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 47(10): 1371-1374.
- Koshio, S., S. Teshima, A. Kanazawa & T. Watase. 1993. The effect of dietary protein content on growth, digestion efficiency and nitrogen excretion of juvenil kuruma prawns, *Penaeus japonicus*. Aquaculture, 113: 104-114.
- Lim, C. & W. Dominy. 1990. Evaluation of soybean as a replacement for marine animal protein in diets for shrimp (*Penaeus vannamei*). Aquaculture, 87: 53-63.
- Marchiori, M., C. Magalhães-Filho, J.S. Yunes & J.A. Levi. 1982. Estudos sobre a alimentação artificial do camarão rosa *Penaeus paulensis*. Atlântica, 5: 43-48.
- Martins, T.G., R.O. Cavalli, R.C. Martino, C. Rezende & W. Wasielesky. 2006. Larviculture output and stress tolerance of *Farfantepenaeus paulensis* postlarvae fed *Artemia* containing different fatty acids. Aquaculture, 252: 525-533.
- New, M.B. 1976. A review of dietary studies with shrimp and prawns. Aquaculture, 9: 101- 144.
- Peixoto, S., W. Wasielesky & L. Louzada. 2003. Comparative análise of pink shrimp, *Farfantepenaeus paulensis*, and white *Litopenaeus vannamei*, culture in extreme southern Brazil. J. Appl. Aquacult., 14(1-2): 101-111.
- Perazzolo, L., R. Gargioni, P. Oglioni & M. Barraco. 2002. Evaluation of some hemato-immunological parameters in the shrimp *Farfantepenaeus paulensis* submitted to environmental and physiological stress. Aquaculture, 214: 19-33.
- Piedad-Pascual, F., E. Cruz & A. Sumalangcay. 1990. Supplemental feeding of *Penaeus monodon* juveniles with diets containing various levels of defatted soybean meal. Aquaculture, 89: 183-191.
- Poli, A. 1982. Crecimiento y supervivencia de postlarvas de *Penaeus stylirostris* (Stimpson) bajo condiciones controladas de temperatura y salinidad. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 98 pp.
- Ramos, L. & M. Oliva. 1984. Metabolismo energético en juveniles del camarón rosado *Penaeus notialis* (Perez Farfante, 1967). Rev. Invest. Mar., 5(1): 35-55.
- Robertson, L., A.L. Lawrence & F. Castille. 1993. Interaction of salinity and feed protein level on growth of *Penaeus vannamei*. J. Appl. Aquacult., 2: 43-54.
- Rodriguez, J. 1985. Fontes e níveis de proteína em rações para camarão *Penaeus paulensis* (Perez Farfante, 1967) e sua viabilização no cultivo em viveiro. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, Brasil, 81 p.
- Sarac, Z., H. Thaggard, J. Saunders, M. Gravel, A. Neill & R.T. Cowan. 1993. Observation on the chemical composition of some commercial prawn feed and associated growth responses in *Penaeus monodon*. Aquaculture, 115(1-2): 97-110.
- Sedwick, R.W. 1979. Influence of dietary protein and energy on growth, food consumption and food conversion efficiency in *Penaeus merguensis* De Man. Aquaculture, 16: 7 -30.
- Soares, R., W. Wasielesky, S. Peixoto & F. D'Incao. 2005. Food consumption and gastric emptying of *Farfantepenaeus paulensis*. Aquaculture, 250: 283-290.
- Steel, R. & J. Torrie. 1988. Bioestadística: principios y procedimientos. McGraw-Hill, Interamericana de México, México, 622 pp.
- Venkataramaiah, A., G.J. Laskhmi & G. Gunter. 1974. Studies on the effects of salinity and temperature on the commercial shrimp *Penaeus aztecus* Ives, with special regard to survival limits, growth, oxygen consumption and ionic regulation. U.S. Army corps of engineers waterways experiment station, Vicksburg, Miss. Contract. Report, H-74-2, XII, 134 pp.
- Wasielesky, W.Jr., S. Peixoto, L. Jensen, L.H. Poersch & A. Bianchini. 2004. Estudo preliminar do cultivo do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* em cercados no estuario da Lagoa dos Patos. Bolm. Inst. Pesca, 30: 63-70.
- Zein-Eldin, Z.P. & D.V. Aldrich. 1965. Growth and survival of postlarval *Penaeus aztecus* under controlled conditions of temperature and salinity. Biol. Bull., 129(1): 199-216.

Received: 14 June 2010; Accepted: 23 August 2011