

# Relaciones proteína/energía y proteína vegetal/animal óptimas en alimentos de engorda para *Litopenaeus vannamei* y *L. stylirostris*<sup>1</sup>

**L.Elizabeth Cruz-Suárez, Juan S. Antimo-Pérez, Norma Luna-Mendoza, Mireya Tapia-Salazar, Claudio Guajardo-Barbosa y Denis Ricque-Marie\***

**Programa Maricultura, Fac. de Ciencias Biológicas, Universidad autónoma de Nuevo León, Cd. Universitaria, Apdo Postal F-56, San Nicolás de los Garza, Nuevo León 66450, MEXICO.  
Tel/Fax: +52 8 3526380, elicruz@hotmail.com, dricque@ccr.dsi.uanl.mx**

**RESUMEN:** En México los alimentos comerciales para engorda de camarón azul en sistemas semi-intensivos generalmente contienen 35-40% de proteína, y las compañías de alimentos tienden a incluir una mayor proporción de proteína de origen vegetal por cuestiones de costos. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de 4 niveles en la relación proteína cruda / energía bruta (P/E = 50, 60, 70 o 80 mg prot./kcal, para niveles de proteína de = 20, 25, 30 o 35%) y dos proporciones de proteína vegetal (soya y trigo)/ animal (pescado y camarón) (V:A = 2:1 o 1:2), en un diseño factorial con 8 dietas fabricadas en el laboratorio con ingredientes comúnmente usados en plantas de alimentos comerciales. Las dietas se evaluaron en camarones *L. vannamei* y *L. stylirostris*, en dos bioensayos de crecimiento de 28 días donde se midió el peso ganado, la tasa de conversión alimenticia (TCA), la eficiencia proteica y la supervivencia, y en otros dos experimentos donde se determinó *in vivo* la digestibilidad aparente de proteína y materia seca en las dietas. En ambas especies los mejores crecimientos y TCAs se obtuvieron con los alimentos con mayor proporción de proteína animal definidos como V:A = 1:2 y P/E  $\geq$  60 mg/kcal. Para *L. vannamei*, sin embargo, estos alimentos fueron casi equivalentes a aquellos que contenían 25-35% de proteína cruda con proteína vegetal dominante, lo cual permitiría aceptar la estrategia comercial usada para disminuir costos. Para *L. stylirostris*, el uso de alimentos con proteína vegetal mayoritaria no permitió la obtención de crecimientos y TCAs óptimos. Los valores de digestibilidad en las dietas con proteína vegetal dominante fueron similares para ambas especies: 92% para proteína, y de 68 a 75% para materia seca según el nivel de proteína en la dieta. En las dietas con proteína animal dominante, la digestibilidad de la proteína fue ligeramente inferior en *L. vannamei* que en *L. stylirostris* (88 vs 90%), mientras la digestibilidad de materia seca fue mayor en *L. vannamei* que en *L. stylirostris* (70-79% vs 69-75%). Con estos valores la relación óptima de proteína digestible/energía digestible en los alimentos con proteína animal dominante es de 67 mg/kcal para *L. vannamei* y 75 mg/kcal para *L. stylirostris*.

**PALABRAS CLAVE:** crecimiento, digestibilidad, proteína/energía, camarón

## INTRODUCCIÓN

En 1998, el 75% de los camarones cultivados en México fueron de la especie *Litopenaeus stylirostris* (Rosenberry, 1998) y el 25% restante de la especie *L. vannamei*. Este desplazamiento del camarón blanco por el azul se presentó debido al problema de mortalidad causado por el virus de *Taura* en 1995 y a la introducción de una línea domesticada de camarón azul especialmente aceptada por sus propiedades de resistencia a enfermedades, su elevada tasa de crecimiento, así como pesos finales mayores. Sin embargo, debido a estas propiedades, los requerimientos nutricionales de esta nueva línea de camarón azul pueden ser diferentes a los del camarón blanco y del camarón azul nativo. Las altas tasas de conversión alimenticia (4-6) que se han reportado en algunas granjas mexicanas muestran que

<sup>1</sup> Cruz-Suárez, L.E., Antimo-Pérez, J.S., Luna-Mendoza, N., Tapia-Salazar, M., Guajardo-Barbosa, C., Ricque-Marie, D., 2000. Relaciones proteína/energía y proteína vegetal/animal óptimas en alimentos de engorda para *Litopenaeus vannamei* y *L. stylirostris*. In: Cruz -Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A. y Civera-Cerecedo, R., (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 19-22 Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán.

las formulaciones comerciales no están adaptadas a la especie y mucho menos a la línea doméstica de camarón azul, posiblemente debido a que solo se ha contemplado un aumento en el contenido de proteína (35-40% en lugar de 25-35% para camarón blanco), dejando a un lado la calidad de la misma, es decir utilizando principalmente pastra de soya y en segundo término harinas de pescado de calidad mediana. La calidad de los ingredientes proteicos, en términos de su origen vegetal o animal (perfil de amino-ácidos, factores antinutricionales) (Tacon, 1989) y proceso (digestibilidad, palatabilidad) (Pike y Hardy, 1997; Ricque *et al.*, 1998), así como la interacción que existe entre este nutriente y la energía (Colvin y Brand, 1977; Aquacop. 1978; Sedgwick, 1979; Teshima y Kanasawa, 1984; Shiau y Chou, 1991; Shiau y Peng, 1992; Rodríguez-Marin, 1984, 1993; Cuzon y Guillaume, 1997) tiene implicaciones importantes en el consumo, la eficiencia alimenticia y la capacidad contaminante del alimento.

Con el presente estudio se pretende hacer una comparación de los niveles óptimos de proteína/energía para el camarón blanco y para el camarón azul domesticado, en función de la calidad de la proteína dietaria (relación proteína vegetal/animal), utilizando ingredientes comerciales convencionales de buena calidad.

## MATERIALES Y METODOS

Con el objetivo de evaluar 4 niveles en la relación proteína cruda/energía bruta (PC/EB = 50, 60, 70 o 80 mg/kg) y dos niveles en la proporción proteína vegetal/ proteína animal (PV:PA = 2:1 o 1:2), se adoptó un diseño factorial con 8 dietas (Tabla 1), las cuales fueron evaluadas en dos bioensayos para cada especie, el primero para medir el crecimiento y el segundo para determinar in vivo la digestibilidad de las dietas.

Tabla 1 Diseño experimental

% Proteína dietaria	Relación Proteína cruda / Energía bruta (mg prot./kcal)	Relación de proteína vegetal / animal	
		2 :1 66% vs 33%	1:2 33% vs 66%
20	50	Dieta 1	Dieta 5
25	60	Dieta 2	Dieta 6
30	70	Dieta 3	Dieta 7
35	80	Dieta 4	Dieta 8

Las dietas fueron formuladas con el programa computacional Mixit+2 de acuerdo a los requerimientos nutricionales propuestos para camarón por Tacon (1989) y Akiyama *et al.* (1991). En cuanto a la estrategia de formulación, se calcularon primero las formulas con 35% de proteína para ambas relaciones de proteína vegetal/animal (dietas 4 y 8), y luego, para las dietas con 30, 25 y 20% de proteína, se disminuyó el nivel de inclusión de las cuatro principales fuentes de proteína (Tabla 2), conservando sus proporciones relativas (Tabla 3). A medida que disminuyó la inclusión de ingredientes proteicos, se agregaron de manera creciente aceite de pescado, lecitina, almidón de trigo y celulosa (Tabla 3). En las dietas con proteína vegetal dominante, se adicionó además 1% de tierra de diatomeas para mantener un contenido de cenizas semejante al de las dietas con proteína animal dominante.

Tabla 2. Composición proximal de las fuentes de proteína (% base húmeda)

Ingredientes	Proteína	ELN	Lípidos	Ceniza	Fibra	Humedad
Pasta de soya <sup>1</sup>	46.3	36.0	0.1	5.8	4.9	6.1
Harina de trigo <sup>2</sup>	12.7	74.6	1.0	0.5	0.2	11.5
Harina de pescado <sup>3</sup>	66.9	---	8.6	14.5	---	8.8
Harina de camarón <sup>4</sup>	40.5 **	---	12.3	21.4	17.6 *	8.2

<sup>1</sup> Pasta de soya desgrasada con solventes, Proteínas Naturales SA de CV, Monterrey NL

<sup>2</sup> Harina panificable de trigos duros (80%) y blandos (20%), Molino Sant Joan, Monterrey NL

<sup>3</sup> Harina de Jurel, Tepual, Santiago de Chile,

<sup>4</sup> Harina de camarón pelagico, Tepual, Chile; \* 17.6 % es el contenido de quitina analizada (Camarena-Conchas, 1998); \*\* proteína corregida = 6.25 \* (N Kjeldahl – N quitina)

Tabla 3. Formulas de las dietas experimentales para bioensayos de crecimiento (%)

	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4	Dieta 5	Dieta 6	Dieta 7	Dieta 8
Proteína cruda	20%	25%	30%	35%	20%	25%	30%	35%
Energía bruta kcal/g *	4.0	4.1	4.2	4.3	4.0	4.1	4.2	4.3
PC/EB mg/kcal	50	60	70	80	50	60	70	80
Pasta de soya	25.3	31.8	38.2	44.7	8.7	10.9	13.1	15.4
Harina de trigo	11.9	14.9	18.2	21.1	20.1	25.0	30.0	35.2
Harina de pescado	8.2	10.3	12.3	14.3	18.4	23.0	27.7	32.3
Harina de camarón	2.3	2.8	3.4	4.0	2.3	2.8	3.4	4.0
Ac. Pescado	3.4	3.3	3.2	3.1	3.0	2.8	2.6	2.4
Lecitina	5.1	4.9	4.8	4.6	4.5	4.2	3.9	3.6
Almidón de trigo	26.6	17.8	8.7	---	26.6	18.7	8.9	---
Celulosa	9.0	6.0	3.00	---	9.4	5.4	3.2	---
Tierra de diatomeas	1.0	1.0	1.0	1.0	---	---	---	---

Ingredientes constantes: alginato de sodio 3%, hexametáfosfato de sodio 1%, FlavorPack (INVE) 0.5%, vitamina C (StayC) 0.75%, colina 0.75%, colesterol 0.4%, mezcla vitamínica (INVE) 0.25%, mezcla mineral (INVE) 0.25%, ácido propiónico (antifúngico) 0.05%, etoxiquina (antioxidante) 0.05%.

\* El contenido teórico de energía bruta de las dietas se calculó con los valores propuestos por Tacon (1989): 4.1kcal/g para carbohidratos, 9.5 kcal/g para lípidos y 5.6 kcal/g para proteínas.

Para los bioensayos de digestibilidad, se usaron las mismas formulas, excepto por la inclusión adicional de 1% de óxido de cromo como marcador inerte.

Las dietas fueron fabricadas al laboratorio por extrusión de la mezcla de ingredientes, previamente humedecida con 30% de agua, en un molino de carne usando un dado con orificios de 1.6 mm. Nota: las dietas 3 y 7 usadas en el bioensayo de crecimiento de *L. vannamei* fueron fabricadas con pasta de soya de un lote diferente.

Las dietas fueron analizadas en cuanto a su composición proximal y estabilidad en el agua según métodos de la AOAC (1990) y Aquacop (1978), respectivamente.

Los bioensayos se llevaron a cabo en acuarios de fibra de vidrio alimentados en continuo con agua marina sintética (Fritz, Dallas, TX) mantenida en un sistema de recirculación (Ricque *et al.* 1993). Los parámetros de calidad de agua se mantuvieron en los siguientes rangos: temperatura 24-31°C, salinidad 29-36‰, pH 7.9-8.4, amonio no ionizado 0.05-0.1mg/l, nitritos 0.06-0.15mg/l, nitratos 90-200mg/l, fosfatos 0.2-0.5mg/l. Cabe mencionar que el sistema está diseñado para que las eventuales variaciones afecten todos los acuarios simultáneamente.

Se recibieron postlarvas criadas en los laboratorios de Ahome Acuícola, Sinaloa (*L. vannamei*) y de Matatipac, Nayarit (*L. stylirostris* SuperShrimp), las cuales fueron pre-engordadas en la sala de bioensayos en Monterrey con alimentos microparticulados de Biomarine y una dieta granulada de Rangen. Los rangos de pesos iniciales para los bioensayos de crecimiento y digestibilidad fueron respectivamente 100-160mg y 0.4-1.2g para *L. vannamei* y 500-600mg y 2-7g para *L. stylirostris*.

Durante el bioensayo de crecimiento (28 o 29 días), cada dieta fue distribuida en 4 acuarios replicados (8 individuos por acuario) dos veces al día (9:00 a.m. y 7:00 p.m.) *ad libitum*, es decir en cantidad suficiente como para que queden restos en cantidad mínima al día siguiente. Cada mañana en cada acuario se registraron los restos de alimento, mudas y el número de individuos. Al registrar algún muerto, se ajustó inmediatamente la ración de alimento en el acuario afectado. Para cada acuario, se calculó al final del bioensayo la ganancia en peso individual GP (%) = 100\*(peso final promedio – peso inicial promedio)/peso inicial promedio, el consumo individual de alimento CA (g) =  $\sum_{i=1}^{28} (\text{ración}) * (\% \text{consumido}) / (\text{número de individuos en el acuario al día } i)$ , la tasa de conversión alimenticia TCA = CA/(peso promedio final-peso promedio inicial), la tasa de eficiencia proteica PER = (peso promedio final-peso promedio inicial)/(CA\*[proteína]<sub>dieta</sub>), la tasa de sobrevivencia TS (%) = 100\*número final/número inicial de individuos, y la biomasa final BF (g) = suma de los pesos individuales en el acuario.

El bioensayo de digestibilidad se llevó a cabo en 8 acuarios, uno para cada dieta (13 a 20 camarones *L. vannamei*, o 3 *L. stylirostris* por acuario), con tres replicados en el tiempo y una duración de 7 días por replicado. El alimento fue distribuido dos veces al día y las heces fueron colectadas por sifoneo, a partir del segundo día, una hora después de cada alimentación. Las heces colectadas de un acuario en días sucesivos se juntaron en una sola muestra (aprox. 1 g peso húmedo), la cual fue analizada en duplicado para cromo y proteína Kjeldahl. El contenido de cromo en las heces fue determinado por el método de Bolin *et al.* (1952), y el Nitrógeno se cuantificó en la misma muestra digerida con el reactivo de Bolin (Nieto-Lopez *et al.*, 1997). Para cada acuario replicado se calculó el valor de digestibilidad aparente de proteína (DAP) y de materia seca (DAMS) de la dieta, con las siguientes expresiones (Maynard *et al.*, 1981):

DAP = 100 – 100 \* ([proteína]<sub>heces</sub>/[cromo]<sub>heces</sub>) \* ([cromo]<sub>dieta</sub>/[proteína]<sub>dieta</sub>), en donde [proteína] y [cromo] son las concentraciones de proteína y cromo en base seca en la dieta o en la muestra de heces; y DAMS = 100 – 100 \* ([cromo]<sub>dieta</sub>/[cromo]<sub>heces</sub>). Además calculamos la digestibilidad aparente de carbohidratos (DAC) a partir de los valores experimentales de DAP y DAMS, y de valores asignados de 90% para digestibilidad de lípidos (Cruz-Suárez *et al.*, 1999), 50% para digestibilidad de ceniza (Bureau, 2000) y 0% para digestibilidad de fibra, según la expresión: DAC = ([mat. seca]\*DAMS – [proteína]\*DAP – [lípidos]\*90 – [ceniza]\*50) / [ELN], en donde [ELN] es la concentración dietaria de extracto libre de nitrógeno, considerado como el contenido estimado de carbohidratos disponibles en la dieta. De esta manera se pudo estimar el contenido de energía digestible en las dietas según la expresión: ED (kcal/g) = (4.1\*[ELN]\*DAC/100) + (9.5\*[lípidos]\*90/100) + (5.6\*[proteína]\*DAP/100), en donde 4.1, 9.5 y 5.6 son los contenidos de energía bruta en

carbohidratos, lípidos y proteínas (Tacon, 1989). Por ende, se estimó la relación proteína digestible/energía digestible en las dietas según la expresión:  $PD/ED = ([\text{proteína}] * APD) / ED$ .

El análisis estadístico de los resultados de las dos especies se realizó por separado, debido a la disparidad en los pesos iniciales y condiciones experimentales en general. Para cada parámetro zootécnico, la significancia de las diferencias observadas entre las 8 dietas se determinó por medio de un análisis de varianza de una vía, cuyo resultado (probabilidad P) se indica en el título de cada grafica de barras. Se considero que las diferencias entre dietas eran significativas cuando P tuvo valores cercanos o inferiores a 0.05. Una prueba de comparación de medias de Duncan permitió clasificar las medias en subgrupos homogéneos caracterizados por una letra (Steel y Torry, 1988). Una misma letra sobre dos columnas indica que la diferencia entre ellas no es significativa. También se realizó un análisis de varianza factorial para evaluar los efectos de la relación proteína / energía (PC/EB = 50, 60, 70 u 80 mg/kcal) y de la relación proteína vegetal/animal (PV/PA = 2:1 o 1:2).

## RESULTADOS

El análisis proximal de las dietas permite comprobar *grosso modo* la composición esperada (Tabla 4). La estabilidad en el agua fue homogénea entre las dietas, con 11% de pérdida de materia seca al cabo de una hora de inmersión en agua de mar.

Tabla 4 . Análisis proximal de las dietas (% base húmeda)

Dieta	1	2	3 vanna	3 styli	4	5	6	7 vanna	7 styli	8
Proteína	21.12	26.25	29.11	31.51	35.39	21.32	26.64	31.12	30.02	35.5
Grasa	8.46	9.21	9.81	7.62	9.13	8.78	9.10	8.84	11.2	9.91
Fibra	7.09	6.23	4.72	4.46	2.63	5.36	3.37	3.10	1.94	0.71
Ceniza	6.02	6.90	8.65	7.77	8.66	6.34	7.42	8.17	8.14	9.31
ELN	49.04	43.48	39.92	39.72	35.03	52.20	48.00	41.91	42.41	37.40
Humedad	8.27	7.94	7.79	8.92	9.16	6.00	5.47	6.86	6.30	7.17
PMS* promedio	9.6	10.6	12.1	13.6	12.2	11.3	9.2	10.0	9.8	12.4
desv. estandar	1.7	1.7	2.3	1.3	1.4	2.6	2.2	1.9	1.5	2.5
EB kcal/g	4.0	4.1	4.2	4.1	4.3	4.2	4.3	4.3	4.5	4.5
PC/EB mg/kcal	53	63	69	76	82	51	61	72	67	79

\* Pérdida de material seca (%); las diferencias no son significativas ( $P = 0.1324$ )

Los resultados de los bioensayos de crecimiento y digestibilidad se dan en las figuras 1 a 10, así como en la Tablas 5 (contenidos de proteína y energía digestibles), 6 (análisis factorial), 7 y 8 (promedios, desviaciones estándares y análisis de varianza de una vía).

En ambas especies, la ganancia en peso (Fig. 1) fue mayor con las dietas con mayor proporción de proteína animal (Tabla 6). La respuesta al nivel de proteína en *L. vannamei* fue simétrica para ambos proporciones animal/vegetal: el crecimiento fue máximo a partir del nivel de 25% de proteína en la dieta. En *L. stylirostris*, esta misma respuesta fue observado solo para dietas con mayor proporción de proteína animal (6, 7 y 8), mientras no hubo diferencias entre las dietas 1 a 4. Esta disimetría fue confirmada por el análisis de varianza factorial (Tabla 6), el cual indico una interacción significativa de los dos factores ( $P = 0.005$ ) sobre el crecimiento de *L. stylirostris*.

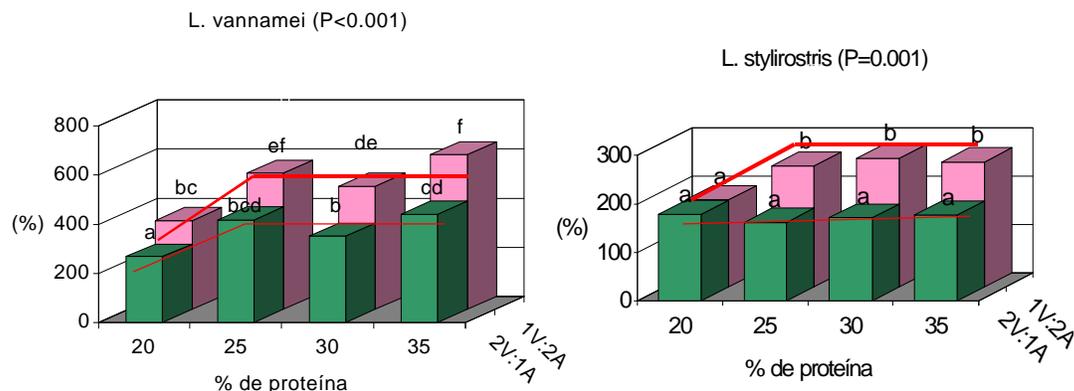


Fig. 1.- Ganancia en peso

El consumo de alimento (Fig. 2) fue mayor con proteína animal dominante, en ambas especies. Por otro lado, el consumo aumento a medida que sube el nivel de proteína, de manera altamente significativa en *L. vannamei* (Tabla 6,  $P=0.001$ ), y con menor significancia en *L. stylirostris* ( $P=0.106$ ).

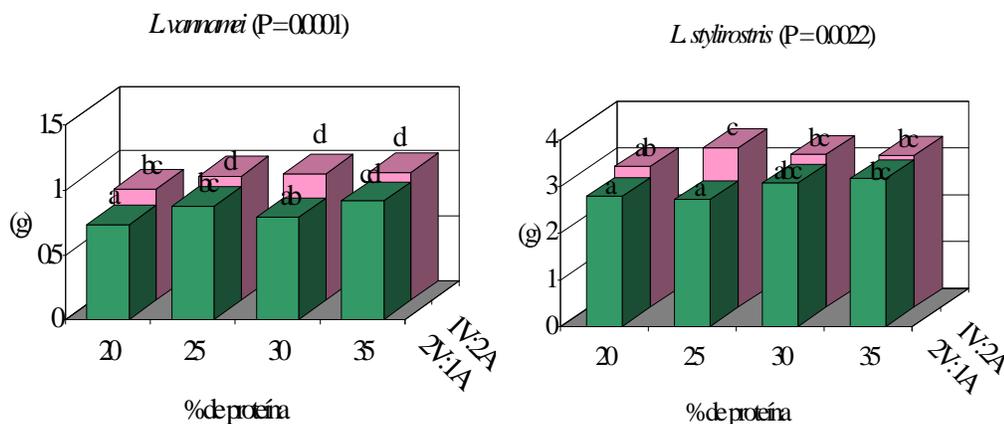


Fig. 2.- Consumo de alimento

La tasa de conversión alimenticia (Fig. 3) fue mejor con una mayor proporción de proteína animal, y el padrón de respuesta al nivel de proteína fue similar a lo observado con el crecimiento: la tasa de conversión mejoro con un nivel de proteína mayor o igual al 25%, de manera simétrica para ambas proporciones animal/vegetal en *L. vannamei*, pero solo con proteína animal dominante en *L. stylirostris*. Es más, el aumento del nivel de inclusión proteica con proteína vegetal dominante resulto contraproducente en *L. stylirostris*.

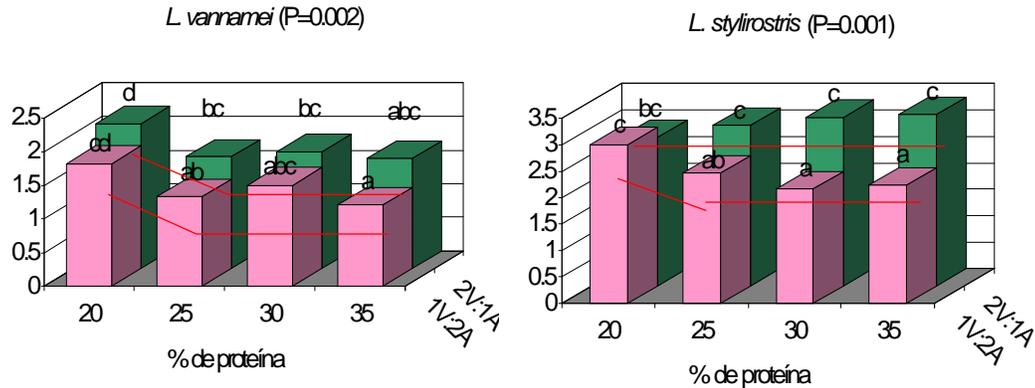


Fig. 3.- Tasa de conversión alimenticia

La tasa de eficiencia proteica (Fig. 4) fue mayor con dietas incluyendo mayor proporción de proteína animal y, otra vez, la respuesta al nivel de proteína fue simétrica para ambas proporciones en *L. vannamei*, y disimétrica en *L. stylirostris*: en *L. vannamei*, ocurre una caída de la tasa de eficiencia entre los niveles de proteína de 25 y 30% para ambas proporciones de proteína vegetal/animal; en *L. stylirostris*, esta caída ocurre desde el nivel de 25% con proteína vegetal dominante, y solo hasta el nivel de 35% con proteína animal dominante.

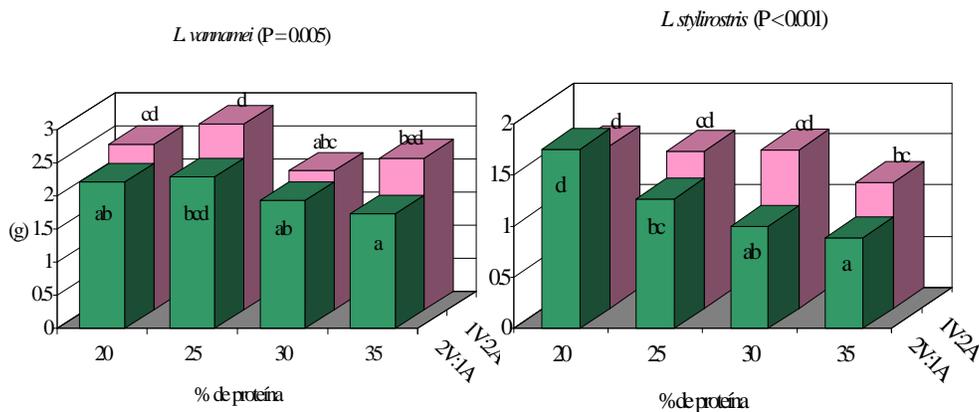


Fig. 4.- Tasa de eficiencia proteica

La sobrevivencia (Fig. 5) fue mayor al 80% en general, y no presentó diferencias significativas entre tratamientos, o factores.

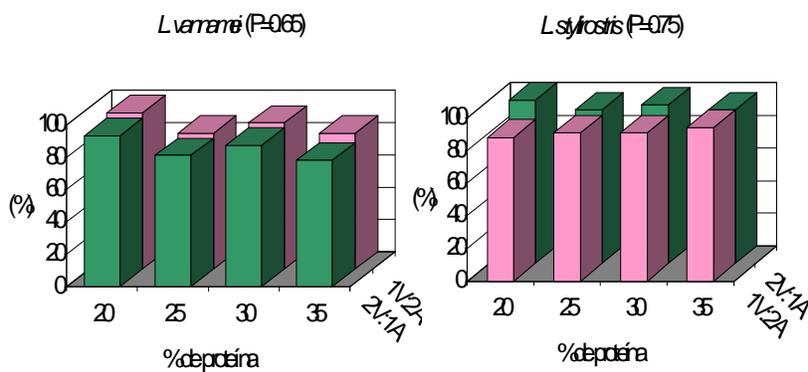


Fig. 5.- Sobrevivencia

La biomasa final (Fig. 6), resultante del crecimiento y de la sobrevivencia, tuvo un patrón de respuesta similar al del crecimiento, ya que la sobrevivencia varió poco, y aleatoriamente, entre tratamientos.

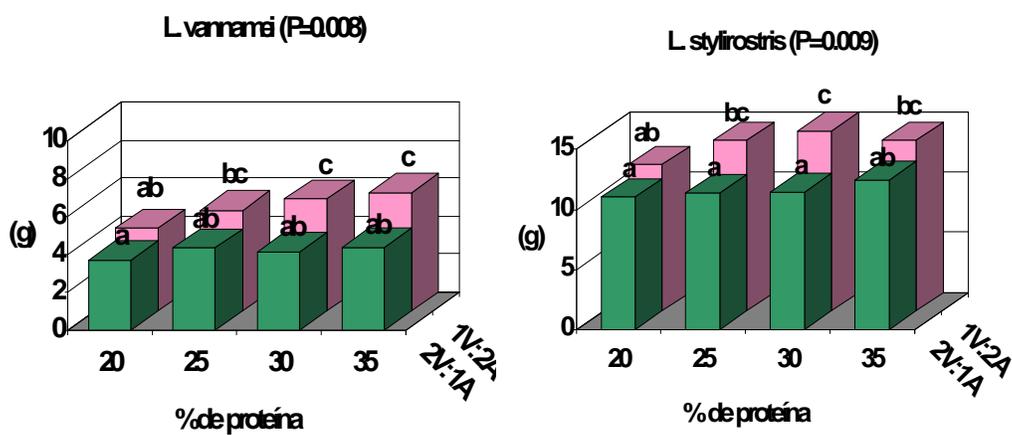


Fig. 6.- Biomasa

La digestibilidad de proteína (Fig. 7), en contraste con los otros parámetros, fue mayor para las dietas con proteína vegetal dominante. No fue afectada por el nivel de inclusión dietaria, lo que es congruente con la conservación de las proporciones de los diferentes ingredientes proteicos en las dietas 1-4 y 5-8. La diferencia entre la digestibilidad promedio de las dietas con proteína vegetal dominante y proteína animal dominante fue ligeramente mayor en *L. vannamei* ( $91.9 - 88.4 = 3.5\%$ ) que en *L. stylirostris* ( $92.9 - 90.0 = 2.9\%$ ), aunque globalmente la digestibilidad proteica fue mayor en *L. stylirostris*.

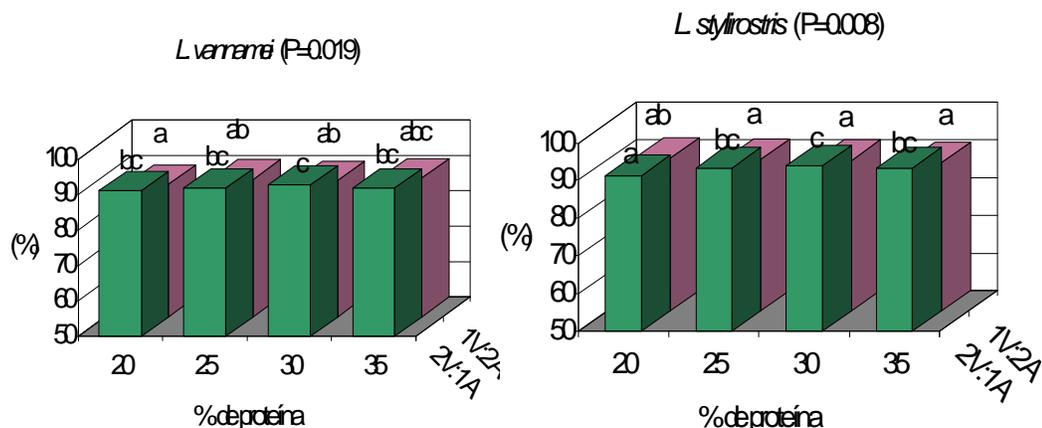


Fig. 7.- Digestibilidad aparente de la proteína.

La digestibilidad aparente de materia seca (Fig. 8) fue el único parámetro en el cual la proporción de proteína vegetal/animal no tuvo un efecto global significativo (Tabla 6).

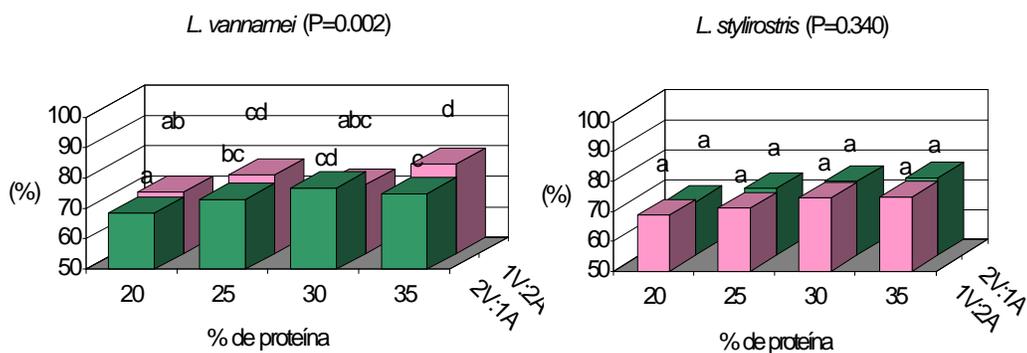


Fig. 8.- Digestibilidad aparente de la materia seca

El nivel de proteína, en cambio, afectó de manera significativa la digestibilidad de materia seca en ambas especies, como lo demuestra el análisis factorial ( $P=0.000$  en *L. vannamei*;  $P=0.007$  en *L. stylirostris*). La tendencia es de un aumento de la digestibilidad de materia seca a medida que sube el nivel de inclusión de proteína. Esta tendencia no aparece en el análisis de varianza de una vía para *L. stylirostris* (Fig. 8, Tabla 8), probablemente por los valores altos de desviaciones estándares debido al número bajo de organismos usados en el bioensayo (3 individuos por acuario), sin embargo el análisis factorial es más poderoso. Esta tendencia parece congruente con los otros resultados, ya que la proteína es el nutriente de mayor digestibilidad, junto con los lípidos, mientras los carbohidratos de las dietas experimentales fueron menos digestibles (ver figura 9); parece lógico que la digestibilidad del conjunto aumente cuando se incrementa la inclusión del nutrimento de mayor digestibilidad.

Los valores de digestibilidad de carbohidratos dietarios (Fig. 9) fueron ampliamente inferiores a los de proteína, y más bajos para *L. stylirostris* (64 a 70%) que para *L. vannamei* (68 a 75%). No se realizó análisis estadístico ya que estos valores fueron calculados a partir de un solo valor promedio de digestibilidad de materia seca y proteína, y de composición proximal de cada dieta experimental.

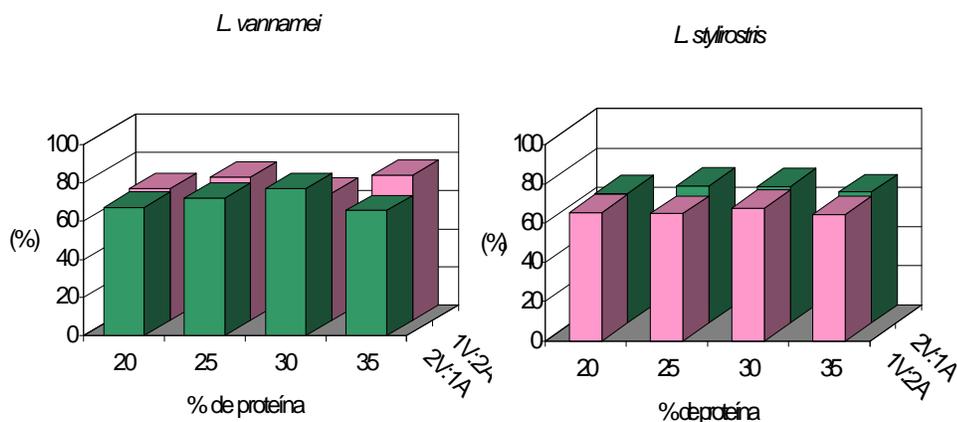


Fig. 9.- Digestibilidad de los carbohidratos

Con los valores de digestibilidad arriba mencionados, se puede calcular la relación "proteína digestible / energía digestible" (PD/ED) para cada dieta experimental en ambas especies (Tabla 5). Los valores de la relación "proteína digestible/energía digestible" se escalonan en el mismo rango de 61 a 92 mg/kcal para las dietas con proteína vegetal dominante (1-4) en ambas especies, pero en rangos diferentes según la especie para las dietas con proteína animal dominante(5-8): 57-84 mg/kcal para *L. vannamei*; 60-88 mk/kcal para *L. stylirostris*.

Para disminuir el error ligado a la evaluación biológica y análisis químico dieta por dieta, se graficaron los valores de PD/ED en los grupos de 4 dietas de misma proporción PA/PV (Fig. 10), lo que permite proponer valores interpolados más confiables. Con estos valores, la relación proteína digestible /energía digestible de las mismas dietas es sistemáticamente mayor en *L. stylirostris*, lo que es congruente con la mayor digestibilidad proteica y menor digestibilidad de carbohidratos en esta especie.

Tabla 5. Proteína y energía digestibles en las dietas experimentales

Dietas	<i>L. vannamei</i>								<i>L. stylirostris</i>							
	PA/PV = 2:1				PA/PV = 1:2				PA/PV = 2:1				PA/PV = 1:2			
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
PD %	19	24	27	33	19	24	28	32	19	24	30	33	19	24	27	32
ED kcal	3.2	3.4	3.6	3.5	3.3	3.6	3.4	3.8	3.1	3.4	3.4	3.6	3.2	3.4	3.6	3.6
PD/ED mg/kcal																
por dieta	61	70	75	92	57	66	80	84	62	72	86	92	60	71	74	88
regresión*	60	70	79	89	58	67	76	86	62	73	83	94	60	69	77	86

\* valores recalculados por regresión lineal en cada grupo de 4 dietas

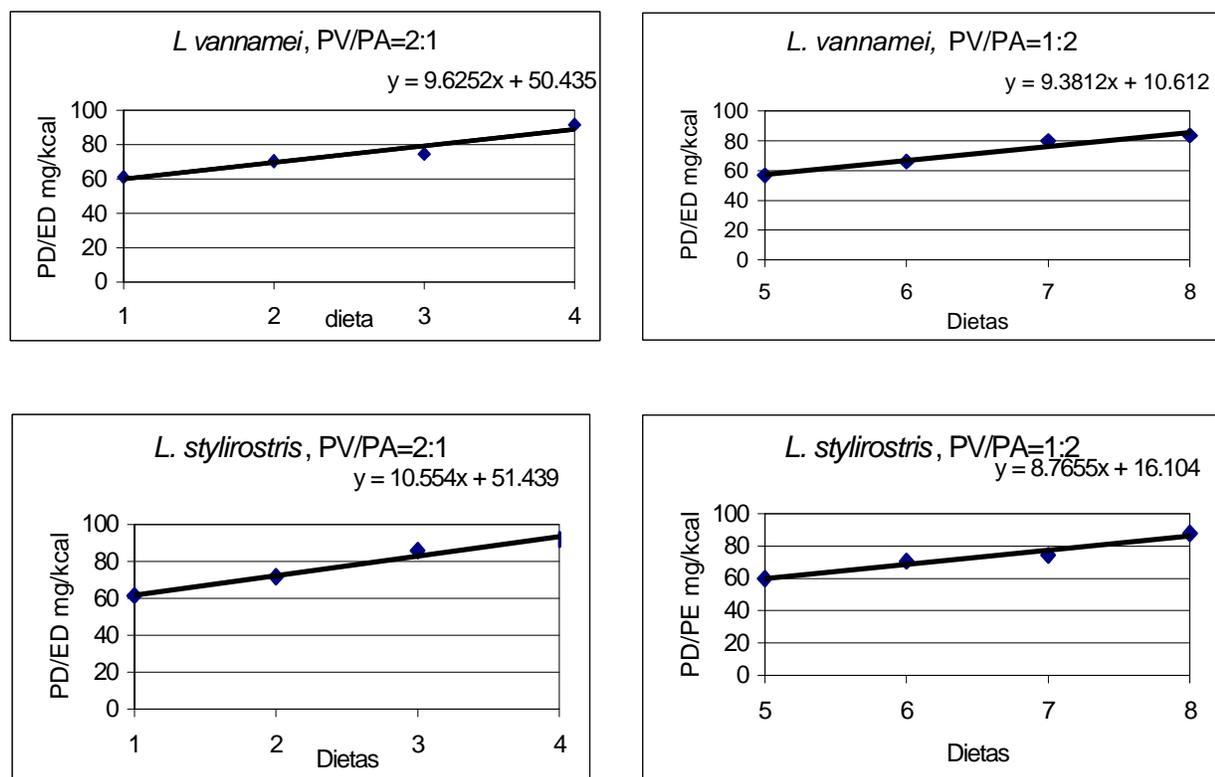


Figura 10. Valores de la relación "proteína digestible/energía bruta" en las dietas experimentales

Tabla 6 Análisis factorial de los efectos de la relación proteína/energía (P/E) y de la relación proteína vegetal/animal (PV/PA)

Parámetro zootécnico	<i>L. vannamei</i>			<i>L. stylirostris</i>		
	PV/PA	P/E	Interacción	PV/PA	P/É	Interacción
Ganancia en peso	.000 **	.000 **	.364	.000 **	.024 *	.005 **
Consumo de alimento (base seca)	.000 **	.001 **	.431	.000 **	.106	.048 **
TCA ( base seca)	.004 **	.001 **	.933	.000 **	.522	.006 **
PER (base seca)	.003 **	.007 **	.591	.001 **	.000 **	.005 **
Sobrevivencia	.471	.239	.996	.142	.983	.634
DAP	.000 **	.589	.913	.000 **	.704	.206
DAMS	.268	.000 **	.029 *	.812	.007 **	.975

\* efecto significativo; \*\* efecto altamente significativo

Tabla 7. Evaluación biológica de las dietas experimentales con *L. vannamei* (promedio y desviación estándar)

Dietas	Proteína vegetal dominante				Proteína animal dominante				Prob. Anova
	1	2	3	4	5	6	7	8	
% proteína	20	25	30	35	20	25	30	35	
mg prot/kcal.	50	60	70	80	50	60	70	80	
Peso promedio (g)									
inicial	.129 a	.129 a	.130 ab	.130 ab	.131 b	.130 ab	.130 ab	.130 ab	.1744
	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	
14 días	.296 a	.359 b	.344 b	.395 c	.341 b	.413 cd	.417 cd	.437 d	<.0001
	.01	.02	.01	.01	.01	.01	.01	.01	
final	.476 a	.673 bc	.589 b	.703 bc	.602 b	.853 de	.784 cd	.955 e	<.0001
	.03	.10	.05	.10	.04	.46	.03	.11	
Ganancia en peso (%)	268 a	419 bcd	353 b	440 cd	358 bcd	554 ef	503 de	603 f	<.0001
	30	80	38	76	25	36	21	87	
Consumo de alimento (g)	.73 a	.88 bcd	.79 ab	.914 cde	.86 bc	.96 cde	.98 de	.99 e	.0001
	.07	.02	.05	.05	.03	.15	.01	.01	
Consumo de alimento (g) (base seca)	.69 a	.83 bc	.75 ab	.85 cd	.83 bc	.93 d	.94 d	.94 d	<.0001
	.07	.02	.05	.05	.03	.14	.01	.01	
TCA	2.14 d	1.67 bc	1.73 bc	1.63 bc	1.83 cd	1.34 ab	1.50 abc	1.22 a	.0016
	.44	.35	.08	.33	.15	.27	.07	.16	
TCA (base seca)	2.07 d	1.57 bc	1.64 bc	1.53 abc	1.77 cd	1.30 ab	1.43 abc	1.16 a	.0016
	.41	.33	.09	.31	.14	.25	.07	.15	
PER (base seca)	2.21 ab	2.29 bcd	1.93 ab	1.73 a	2.50 cd	2.80 d	2.10 abc	2.29 bcd	.0047
	.43	.41	.01	.32	.20	.51	.10	.33	
Consumo diario de proteína (g) por g de camarón *									
0-15 días	30	42	49	62	33	41	51	61	
16-29 días	19	25	27	33	19	24	29	33	
Sobrevivencia	94	81	88	78	97	84	91	84	.6459
	7	7	10	12	6	16	12	31	
Biomasa (g)	3.69 a	4.36 ab	4.15 ab	4.36 ab	4.36 ab	5.33 bc	5.89 c	6.24 c	.0082
	.39	.56	.81	.63	.59	1.10	.65	1.95	
DAP (%)	91.2 bc	91.9 bc	92.6 c	91.9 bc	87.4 a	88.8 ab	88.4 ab	89.1 abc	.019
	.9	.7	.5	.1	2.0	1.8	3.2	2.3	
DAMS (%)	68.5 a	73.0 bc	76.8 cd	74.9 c	70.1 ab	75.7 cd	72.5 abc	79.4 d	.0017
	2.2	1.9	.2	2.2	1.8	2.0	3.9	3.0	
DAC (%)	67.2	72.1	77.0	65.6	69.3	75.0	66.8	76.2	
PD/ED mg/kcal	60.9	70.2	74.4	91.4	56.7	65.9	79.6	83.2	

\*El consumo promedio diario se calculó dividiendo el consumo individual acumulado sobre el periodo considerado por el número de días y el peso promedio individual al inicio del periodo.

Tabla 8. Evaluación biológica de las dietas experimentales con *L. stylirostris* (promedio y desviación estándar)

Dietas	Proteína vegetal dominante				Proteína animal dominante				Prob. Anova
	1	2	3	4	5	6	7	8	
% proteína	20	25	30	35	20	25	30	35	
mg prot/kcal.	50	60	70	80	50	60	70	80	
Peso promedio (g)									
inicial	.572	.561	.563	.560	.567	.563	.569	.568	.8643
16 días	1.03 a	1.06 a	1.01 a	1.05 a	1.04 a	1.19 b	1.22 b	1.21 b	.0008
final	1.60 a	1.47 a	1.53 a	1.55 a	1.59 a	1.97 b	2.08 b	2.03 b	<.0001
Ganancia en peso (g)	179 a	163 a	171 a	177 a	179 a	250 b	265 b	258 b	<.0001
Consumo de alimento (g)	2.79 a	2.72 a	3.07 abc	3.16 bc	3.02 ab	3.42 c	3.27 bc	3.25 bc	.0022
Consumo de alimento (g) (base seca)	2.56 ab	2.51 a	2.80 abc	2.87 bc	2.84 bc	3.25 d	3.06 d	3.02 cd	.001
TCA	2.80 bc	3.02 c	3.18 c	3.23 c	2.99 bc	2.46 ab	2.16 a	2.23 a	.0005
TCA (base seca)	2.57 bc	2.78 bc	2.90 c	2.94 c	2.82 bc	2.33 ab	2.03 a	2.07 a	.001
PER (base seca)	1.75 d	1.27 bc	2.0 ab	0.89 a	1.58 d	1.53 cd	1.54 cd	1.26 bc	<0.001
Consumo diario de proteína (g) por g de camarón									
0-16 días	25	30	42	47	25	35	40	46	
17-28 días	23	29	40	48	26	32	36	42	
Sobrevivencia %	100	94	97	94	88	91	91	94	.7498
Biomasa (g)	11.0 a	11.3 a	11.4 a	12.4 ab	12.2 ab	14.2 bc	15.2 c	14.2 bc	.0093
DAP (%)	91.2 abc	93.2 bc	93.8 c	93.3 bc	90.6 ab	90.2 a	89.9 a	89.4 a	.0078
DAMS (%)	67.9	72.4	74.6	75.9	68.7	70.9	74.5	74.8	.3403
DAC (%)	66.1	70.0	69.6	66.7	65.5	64.8	67.6	64.5	
PD/ED mg/kcal	61.4	71.6	85.6	91.6	59.6	70.5	73.8	87.5	

\*El consumo promedio diario se calculó dividiendo el consumo individual acumulado sobre el periodo considerado por el número de días y el peso promedio individual al inicio del periodo.

## DISCUSION

En primer lugar, cabe hacer notar que la expresión "proteína animal dominante" subentiende en el presente trabajo proteína animal de origen marino, ya que las fuentes de proteína animal usadas fueron harina de pescado y harina de camarón, y no incluyen harinas de productos animales de origen terrestre.

Los niveles dietarios de proteína en las dietas experimentales fueron generalmente ligeramente superiores a lo esperado, lo que explica valores también ligeramente mayores a lo esperado para la relación proteína/energía, sobre todo para las dietas con proteína vegetal dominante (1-4)(Tabla 4). Para las dietas con proteína animal dominante, el mayor contenido de energía bruta tuvo un efecto compensatorio y permite obtener valores muy cercanos a lo esperado para la relación proteína/energía. El análisis proximal probablemente fue poco preciso, ya que el cambio de un lote de pasta de soya por otro no puede provocar a la vez una disminución del valor obtenido para proteína 31.5 a 29.1% para las dietas #3, y un aumento de 30 a 31.1 para las dietas #7. También los contenidos de lípidos son demasiado variables (Tabla 4). Por la tanto, se debe tener prudencia en la interpretación de los valores de energía calculados a partir de la composición proximal de una sola dieta, y considerar de preferencia valores promedios o interpolados a partir del conjunto de dietas experimentales, como se propone en la Tabla 5 y Figura 10 para los valores de proteína digestible/energía digestible.

La estabilidad en el agua de las dietas fue normal para dietas fabricadas al laboratorio, con pérdidas de materia seca por lixiviación del orden del 10% en una hora (Cruz-Suárez *et al.*, 2000); este valor es mayor a los valores comúnmente observados en dietas comerciales, de 3 a 6% (Romero-Alvarez, 1995; Cruz-Suárez, com. pers.), y lleva como consecuencia una sobre-estimación de los valores de digestibilidad aparente del orden de 2 a 3 puntos porcentuales para proteína y materia seca, y 3-4 puntos para carbohidratos, así como del consumo y de la tasa de conversión (Cruz-Suárez *et al.*, 2000).

Las condiciones generales de los bioensayos fueron satisfactorias y cumplen las reglas propuestas por Akiyama (1991) para bioensayos nutricionales: por un lado los crecimientos de 130 mg a casi 1g (GP=600%) y de 0.56 a 2 g (250%) logrados en 4 semanas con postlarvas de *L. vannamei* y *stylirostris* se pueden considerar como excelente y bueno, respectivamente, para pruebas realizadas en medio controlado, sin alimento natural, y con solo dos alimentaciones al día; por otro lado los coeficientes de variación entre replicados fueron inferiores al 15% en general.

El padrón de respuesta a las variables estudiadas fue diferente para las dos especies. En *L. vannamei*, aunque los resultados fueron siempre mejores con las dietas con proteína animal dominante, los mejores crecimientos y tasas de conversión fueron provistos por las dietas con un nivel de inclusión de proteína igual o mayor al 25%, en una respuesta simétrica para ambas proporciones de proteína vegetal/animal. La misma simetría de respuesta se observa en términos de eficiencia proteica: los animales empiezan a desperdiciar la proteína a partir de un nivel de inclusión de 30%. Por lo tanto podemos concluir que en juveniles de *L. vannamei* alimentados dos veces al día, el nivel óptimo de proteína dietaria es de 25%, para ambas proporciones de proteína vegetal/animal. La ventaja en crecimiento ofrecida por las dietas con proteína animal dominante para cualquier nivel de proteína dietaria se podría explicar en parte por una mayor aceptación de las dietas (mayor atractancia y/o palatabilidad); la menor eficiencia alimenticia y proteica de las dietas con proteína vegetal dominante, para cualquier nivel de proteína, se podría explicar por la acción constante de algún factor antinutricional. En *L. stylirostris*, las dietas con proteína vegetal dominante son definitivamente descalificadas por el bajo crecimiento a cualquier nivel de inclusión de proteína en la dieta, y la

disminución de la eficiencia alimenticia y proteica a medida que aumenta el nivel de inclusión de proteína, lo que se puede explicar por la presencia de uno o varios aminoácidos limitantes en la proteína ofrecida (Tabla 9), y un catabolismo creciente de los aminoácidos sobrantes a medida que aumenta el aporte de proteína mal equilibrada. En cambio, con proteína animal dominante el crecimiento y la tasa de conversión mejoran significativamente cuando el nivel de inclusión proteica sube de 20 a 25%, y siguen mejorando con 30% de proteína, aunque no significativamente, sugiriendo que el nivel óptimo de proteína dietaria esta entre 25 y 30%. La caída de la eficiencia proteica, la cual ocurre solo con 35% de proteína dietaria, confirma que el nivel óptimo de proteína dietaria esta más cerca de 30% que de 25% para juveniles de *L. stylirostris* alimentados dos veces al día.

Tabla 9. Comparación de los perfiles de aminoácidos esenciales entre dietas con proteína vegetal o animal dominante (g/100g base húmeda)

	arg	lis	met	ile	leu	his	fen	tre	trp	val
Dieta 4 (PV/PA=2:1)	2.59	2.30	0.60	1.33	2.48	1.38	1.85	1.29	0.45	1.64
Dieta 8 (PV/PA=1:2)	2.73	2.52	0.73	1.21	2.41	1.48	1.77	1.24	0.41	1.53
Diferencia (%)	<b>+5.6</b>	<b>+9.4</b>	<b>+23.1</b>	-8.6	-2.7	<b>+7.8</b>	-4.1	-3.4	-7.6	-6.8

Varios autores han estudiado el efecto del nivel de proteína dietaria sobre el crecimiento y la tasa de conversión. Algunos recomiendan niveles de proteína muy altos: para camarones de 0 a 3 g, Tacon (1989) recomienda 40% de proteína, y Akiyama *et al.* (1993) niveles de 40 a 45%. Otros autores encontraron niveles óptimos similares a los del presente estudio. Para *L. vannamei*, Colvin y Brand (1977) proponen como óptimo 30-35% de proteína en dietas para postlarvas, y menos de 30% para juveniles, es decir un nivel 5% más alto que lo que se encontró aquí, en donde usamos animales intermedios entre postlarva y juvenil. Cousin *et al.* (1993) encuentran como óptimo un nivel de 30% de proteína (caseína + proteína concentrada de cangrejo) en dietas con una relación proteína/energía de 100 mg/kcal, es decir en dietas con menor contenido energético (3kcal/g) que en el presente estudio, ya que nuestra dieta de 30% de proteína contiene 4.2 kcal/g y una relación proteína/energía de 70 mg/kcal. Esos autores alimentan los camarones 2 veces al día, ajustándose al consumo, como en nuestro caso. Para *L. stylirostris*, Rodriguez-Marin *et al.* (1984) reporta un nivel óptimo de 28% de proteína en dietas con 4 kcal de enregía bruta /g (70 mg/kcal), lo que corresponde exactamente a nuestros resultados. Finalmente, Aranyakaranda y Lawrence (1993, 1994) mostraron como se puede reducir el nivel de proteína hasta 15% sin tener diferencia de crecimiento con dietas más altas en proteína, a la condición de usar alimentadores automáticos (15 alimentaciones /día), una fuente de proteína de alta calidad y muy palatable (*Artemia* liofilizada), y dietas relativamente ricas en energía (4.3 kcal/g).

La polémica levantada por este último trabajo llevó Kureshy y Davis (2000) a definir el requerimiento de proteína en gramos de proteína necesaria por día y por g de camarón. Al usar raciones diarias escalonadas de 2 hasta 32% de la biomasa de camarón juvenil o adulto con dietas de 16, 32 y 48% de proteína, logran cubrir con precisión un rango de consumo diario de proteína de 10 a 140g de proteína digestible por kg de camarón, y muestran que *L. vannamei* requiere de aproximadamente 45g proteína digestible/g camarón/día para lograr el máximo crecimiento, lo cuál pudo ser provisto por las dietas de 32 y 48% de proteína, con contenidos energéticos de 4 y 4.3 kcal/g (relación proteína/energía de 79 y 112 mg/kcal) y relaciones de proteína vegetal/animal de 2:1 y 1:1 aproximadamente. Los mismos autores demuestran que el requerimiento es menor en camarones más grandes.

En el presente estudio, el consumo de proteína digestible por *L. vannamei* fue de 41-42g/ g camarón / día de 0 a 15 días y 24-25g/g camarón/día de 16 a 28 día con las dietas con 25% de proteína (Tabla 7),

es decir que se obtuvo el crecimiento máximo con un consumo de proteína inferior al requerimiento definido por Kureshy y Davis (op. cit.), posiblemente en razón de la mejor calidad de las fuentes proteicas usadas en el presente estudio. El consumo diario de proteína de *L. stylirostris* en la dieta con proteína animal dominante que proporcionó el mayor crecimiento (30% proteína) varió entre la primera y la segunda parte del experimento de 40 a 36 g proteína/g camarón/día lo que da un promedio superior a lo requerido por *L. vannamei*.

## CONCLUSIONES

En resumen, podemos decir que el carácter carnívoro de la especie *L. stylirostris* con respecto a *L. vannamei* se traduce en un nivel óptimo de proteína dietaria mayor (28% vs 25%) en las condiciones del presente experimento (o en general mayor requerimiento diario de proteína digestible para un crecimiento máximo), una mayor capacidad para digerir la proteína dietaria y menor capacidad para digerir los carbohidratos (por lo que una misma dieta tiene una relación "proteína digestible/energía digestible" mayor en *L. stylirostris*), y un perfil diferente de aminoácidos requeridos en la dieta, en particular con una necesidad mayor para uno o varios de los siguientes aminoácidos: metionina, lisina, histidina y arginina (Tabla 9). Se entiende porque la estrategia de reducción de costos que consiste en usar una mayor proporción de proteína de origen vegetal en dietas para camarón no tiene mayor incidencia en los rendimientos con *L. vannamei*, mientras tiene consecuencias catastróficas sobre crecimientos y tasas de conversión con *L. stylirostris*. Finalmente proponemos como relación óptima de proteína digestible/energía digestible 67 mg/kcal para *L. vannamei* y 75 mg/kcal para *L. stylirostris*, en dietas con un balance de proteína vegetal/animal de 1:2, la proteína animal siendo de origen marino.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por la Universidad Autónoma de Nuevo León en el marco del Programa de Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica (PAICyT) # CN-168-99.

## REFERENCIAS

- Akiyama, D.M., Dominy, W.G., Lawrence, A.L., 1991. Penaeid Shrimp Nutrition for the Commercial Feed Industry: Revised. In: D.M. Akiyama and R.K.H. Tan (Eds), Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop, 19-25 Sept. 1991, Thailand and Indonesia. American Soybean Association, Singapore. pp 5-9.
- Akiyama, D.M., 1991. Future considerations for the aquaculture feed industry. In: D.M. Akiyama and R.K.H. Tan (Eds), Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop, 19-25 Sept. 1991, Thailand and Indonesia. American Soybean Association, Singapore. pp 80-97.
- A.O.A.C., 1990. Official Methods of Analysis. 12th. Ed Association of Official Analytical Chemist. Elliam Horritz Ed., Washington, D.C., U.S.A.
- Aquacop, 1978. Study on nutritional requirements and growth of *Penaeus merguensis* in tanks by means of purified and artificial diets. Proc. World Maricult. Soc. Annu. Meet. 9, 225-234.
- Aranyakananda, P., Lawrence, A.L., 1993. Dietary protein and energy requirements of the white-legged shrimp, *Penaeus vannamei*, and the optimal protein to energy ratio. In: From Discovery to Commercialization - Abstracts. WAS-EAS joined meeting, Torremolinos, May. 26-28, Torremolinos, Spain. European Aquaculture Soc., Oostende (Belgium), p.21.
- Aranyakananda, P., Lawrence, A.L., 1994. Efectos de la tasa de ingestión sobre los requerimientos alimenticios en proteína y energía y la relación óptima proteína-energía para *Penaeus vannamei*. In: Mendoza-Alfaro R., Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie D. (Eds), Avances en Nutrición Acuicola II - Memorias del Segundo Simposio Internacional de Nutrición Acuicola, Monterrey, N.L., 7-10 Noviembre de 1994 (reimpresión). Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolas de los Garza, México, ISBN # 968-7808-61-6, 157-170.
- Bolin, D.W., King, R.P., Klosterman, E.W., 1952. A simplified method for the determination of chromic oxide ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) when used as an index substance. Science 116(3023), 634-635.
- Bureau, D.P., 2000. Fish feeds - Use of rendered animal protein ingredients. International Aquafeed, issue 3 (2000), 30-34.

- Camarena-Conchas, M., 1998. Efecto de la cabeza de camarón co-extruida con trigo o sorgo sobre el crecimiento del camarón *Penaeus stylirostris*. Tesis de Maestría, UANL, Monterrey, NL, 100 p.
- Colvin, L.B., y Brand, C.W., 1977. The protein requirement of penaeid shrimp at various life cycle stages in controlled environment systems. *Proceedings of the World Mariculture Society* 8, 821-840.
- Cousin, M., Cuzon, G., Blanchet, E., Ruelle, F., 1993. Protein requirements following an optimum dietary energy to protein ratio for *Penaeus vannamei* juveniles. In: Kaushik, S.J., Luquet, P. (Eds), *Fish nutrition in practice*, June 24-27, 1991. INRA, Paris, France, 599-606.
- Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Jiménez-Domínguez, V.P., 1999. Utilización de la lecitina en la acuicultura: crustáceos. In: Mendoza-Alfaro R., Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie D. (Eds), *Avances en Nutrición Acuícola II - Memorias del Segundo Simposio Internacional de Nutrición Acuícola*, Monterrey, N.L., 7-10 Noviembre de 1994 (reimpresión). Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolas de los Garza, México, ISBN # 968-7808-61-6, 45-80.
- Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., McCallum, I.M., Hickling D., 2000. Assessment of differently processed feed pea (*Pisum sativum*) meals and canola meal (*Brassica* sp.) in diets for blue shrimp (*Litopenaeus stylirostris*). *Aquaculture*, aceptado Nov.6, 2000.
- Cuzon, G., Guillaume, J., 1997. Energy and protein: energy ratio. In: D'Abramo, L.R., Conklin, D.E., Akiyama, D.M. (Eds.), *Crustacean Nutrition. Advances in World Aquaculture* 6, 51-70.
- Kureshy, N., Davis, D.A., 2000. Metabolic requirement for protein by pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. In: Cruz -Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A. y Civera-Cerecedo, R., (Eds.). *Avances en nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. 19-22 Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán, Mexico. 161-180.
- Maynard, L.A., Loosli, J.K., Hintz, H.F., Warner, R.G., 1981. *Nutrición Animal*. Cuarta edición. Mc Graw Hill, U.S.A., 640pp.
- Nieto-López, M.G., Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., 1997. Implementación de un método para la determinación de óxido de cromo y proteína en micromuestras de alimento y heces de camarón. In *Proceedings of an International Conference: VI Reunión de Nutrición Animal*, 22-24 Oct. 1997, Marin, N.L., México. Universidad Autónoma de Nuevo León/ Facultad de Agronomía, Monterrey, México, pp. 211-214.
- Pike, I.H., Hardy, R.W., 1997. Standards for assessing quality of feed ingredients. In: D'Abramo, L.R., Conklin, D.E., Akiyama, D.M. (Eds.), *Crustacean Nutrition. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, Advances in World Aquaculture* 6, 473-492.
- Ricque-Marie, D., Abdo-de La Parra, Ma-I, Cruz-Suarez, L-E., Cuzon, G., Cousin, M., Pike, I. H. 1998. Raw material freshness, a quality criterion for fish meal fed to shrimp *Aquaculture*, 165, 1, 95-109.
- Ricque, D., Martínez-Vega J.A., Aguirre-Guzmán, G., 1993. A low cost recirculating synthetic seawater system for nutritional assays in penaeid shrimps. *World Aquaculture Society-Abstracts*, Torremolinos, Spain, May. 26-28 1993. p. 161.
- Rodríguez-Marin, Ma.-F., 1984. El cultivo del camarón azul *Penaeus stylirostris* Stimpson. Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora, 126p.
- Rodríguez-Marin, Ma.-F., 1993. Requerimientos energéticos de peces y crustáceos. En: Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Mendoza-Alfaro, R. (Eds), *Avances en Nutrición Acuícola I - Memorias del Primer Simposio Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos para Acuicultura*, Monterrey, N.L., 12-14 Febrero, 1993 (reimpresión 1999). Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolas de los Garza, México, ISBN # 968-7808-60-8, 45-80.
- Romero-Alvarez, Ma. del Rocio, 1995. Efecto de la temperatura, salinidad y tiempo de inmersión sobre la estabilidad de tres alimentos peletizados para camarón. Graduate thesis, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Mexico, 59 p.
- Rosenberry, R., 1998. World shrimp farming. *Shrimp News International* 11, 328pp.
- Sedgwick, 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.
- Shiau, S.-Y., Chou, B.-S., 1991. Effects of dietary protein and energy on growth performance of tiger shrimp *Penaeus monodon* reared in seawater. *Nippon Suisan Gakkaishi* 57, 2271-2276.
- Shiau, S.Y., Peng, S.Y., 1992. Utilization of different carbohydrates at different dietary protein levels in grass prawn, *Penaeus monodon*, reared in seawater. *Aquaculture* 101, 251-250.
- Steel, R.G.P., Torrie, J.H., 1988. *Bioestadística. Principios y Procedimientos*. McGraw-Hill, Inc., U.S.A., 622 pp.
- Tacon, A.G.J., 1989. *Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados - Manual de capacitación*. GCP/RLA/ITA, Proyecto Aquila II, Documento de Campo No4, FAO Brasilia, Brasil.
- Teshima, S., Kanasawa, A., 1984. Digestibility of dietary lipids in the prawn. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* 49, 963-966.