

Estrategias para optimizar el manejo del alimento en el engorde del camarón blanco del Caribe *Litopenaeus schmitti*

Fraga-Castro, Iliana, Jaime-Ceballos, Barbarito

Centro de Investigaciones Pesqueras, MINAL. Cuba. 5ta Ave. y 246, Barlovento. La Habana. Cuba.
e-mail: ifraga@cip.telemar.cu

Resumen

Con el objetivo de optimizar el empleo del alimento balanceado en el engorde de *Litopenaeus schmitti*, se desarrollaron cuatro diseños experimentales a escala piloto y comercial en estanques de tierra fertilizados para evaluar: (A) interacción entre tasas de alimentación, niveles de proteína y densidad de siembra; (B) esquemas de alimentación; (C) interacción entre tasas y esquemas de alimentación; (D) escala comercial con los mejores resultados alcanzados. No se observó interacción entre los factores tasas de alimentación, densidad de siembra y calidad del alimento, sin embargo una interacción significativa se obtuvo entre niveles proteicos y densidades de siembra ($p < 0.05$), así como entre las tasas de alimentación ensayadas. Los camarones alcanzaron los mejores crecimientos con el alimento que contenía 30% de proteína. El aumento de la densidad de siembra de 10 a 15 camarones/m² afectó el crecimiento de los camarones en un 10%. La contribución del alimento natural al crecimiento varió en relación a la tasa de alimentación y no con el nivel de proteína. La inclusión de alimento con mayor nivel de proteína al final del esquema, redundó en mayores crecimientos ($p < 0.05$). No se observó interacción entre los factores tasas y esquemas de alimentación. Las tasas de mayor dosificación inicial (T₁:12% y T₂:10% de la biomasa) promovieron crecimientos similares ($p > 0.05$), recomendándose T₂ al reducir la adición de alimento en un 20%. A escala comercial se corroboró que la aplicación de alimento con mayor nivel proteico al final del esquema mejora el crecimiento sin incrementar los costos de producción, que variaron entre 0.76 a 0.98 usd/kg de camarón producido.

Palabras clave: Camarón, *Litopenaeus schmitti*, alimentación, densidad de siembra, costo de producción, tasa de alimentación

Summary

Strategies to optimize food management of Caribbean white shrimp grow-out *Litopenaeus schmitti*

In order to achieve efficient use of feed during *Litopenaeus schmitti* growth out, four experimental designs were carried out at pilot and commercial scale in earthen ponds to evaluate: (A) interaction between feeding rate, protein levels and stocking density, (B) feeding schedules, (C) interaction between rates and feeding schedules, (D) a commercial scale of the best results. There was no interaction between the factors feeding rates, density and quality of food, but found significant interaction between food protein levels and stocking densities ($p < 0.05$) and between feeding rates. Shrimp achieved the best growth with food containing 30% protein. Densities higher than 10 shrimps/ m² affected growth between 3 and 10%. The contribution of natural food growth varied in relation to the feeding rate and not to the level of protein. Bigger and significant growth ($p < 0.05$) was obtained when high protein feed was used at the end of the schedule. Feeding rates beginning with 12 and 10 % biomass promoted significant an higher growth. The use of middle feeding rate reduced food addition in 20% regarding commercial cultures. At commercial scale was demonstrated the use of high protein level at the end of the schedule improved growth without increasing production cost that were among 0.76 to 0.98 usd/kg of produced shrimp harvest.

Key words: shrimp, *Litopenaeus schmitti*, feeding, stocking densities, production costs, feeding rates

Introducción

La acuicultura de camarón enfrenta retos importantes para su consolidación como actividad económicamente viable y ecológicamente sostenible. Entre los más importantes se destaca, la maximización eficiente de la utilización de los nutrientes de los alimentos balanceados mediante la formulación de granulados cada vez mejores, así como la implementación de prácticas adecuadas de manejo del alimento (Martínez-Córdova, 2008).

El costo del alimento artificial representa entre el 30 y 40% del total de los costos variables de las camaroneras (Galindo y cols., 2009; Jaime y cols., 2009; Fraga y cols., 2010) dependiendo de diferentes factores como son: especie y sistema de cultivo, productividad natural del estanque, calidad y manejo del alimento balanceado, entre muchos otros (Martínez-Córdova y Peña-Messina, 2005).

Las mejores prácticas de alimentación son las que proporcionan la cantidad y calidad adecuadas de alimento a los organismos, para lograr el máximo rendimiento, con el menor costo, tanto económico como ecológico (Amaral y cols., 2003; Seiffer y Andreatta, 2004).

En sistemas de cultivo semi-intensivos, gran parte de la nutrición de los camarones depende del alimento natural que crece en los estanques (Martínez-Córdova y cols., 2008), sin embargo se dificulta mantener una adecuada biomasa de estos organismos, durante todo el período de cultivo, para que puedan representar una contribución significativa a la nutrición de los mismos, por lo que se requiere suministrar alimento formulado en dependencia de la fase del cultivo.

Las prácticas de alimentación han evolucionado recientemente, respecto a los sistemas de dosificación tradicional al boleó, por el empleo de comederos testigos o como única forma de alimentación (Bador, 1998), no obstante es conveniente establecer los niveles máximos adecuados de dosificación en el engorde aun cuando se empleen comederos testigos.

La presente investigación tuvo como objetivo principal establecer las estrategias de manejo del alimento artificial en el engorde del camarón blanco *Litopenaeus schmitti* cultivado en estanques de tierra, al emplear la técnica de cultivo semi-intensivo a partir de los siguientes objetivos específicos:

- A. Evaluar el crecimiento de *L. schmitti* al aplicar diferentes tasas de alimentación, piensos con diferentes niveles de proteína y densidades de siembra.
- B. Determinar el efecto de diferentes esquemas de alimentación sobre el crecimiento de juveniles de camarón.
- C. Evaluar el desarrollo de los camarones al utilizar diferentes tasas y esquemas de alimentación
- D. Evaluar las técnicas de manejo del alimento a escala comercial, integrando los resultados alcanzados a escala piloto.

Materiales y métodos

Se desarrollaron 4 diseños experimentales completamente aleatorizados, tres a escala piloto (A, B, C) y uno a escala productiva (D) en estanques de tierra fertilizados. Los experimentos a escala piloto se desarrollaron en la camaronera CULTIZAZA, provincia de Sancti Spíritus, Cuba. Como dispositivos experimentales se utilizaron jaulas de 1 m² construidas con malla raschel de 0.5 cm de luz de malla, colocadas dentro de un

estanque de 0.5 ha (Figura 1), a las que se le añadió sustrato de tierra del estanque en el fondo. En la Tabla 1 se describen las características generales de los experimentos desarrollados.

En cada bioensayo a escala piloto se estableció un tratamiento sin alimentar (S/A) para estimar la contribución del alimento natural al crecimiento de los camarones (CAN) según Lawrence y Houston (1993). En el Experimento A se ensayaron 3 tasas de alimentación (Tabla 2); para el cálculo de la ración diaria del alimento en el Experimento B se empleó la tabla recomendada por Jaime y cols. (1994); en el experimento C se ensayaron dos tasas de alimentación de menor dosificación (T2 y T3). La ración se distribuyó en dos frecuencias diarias (08:00 y 16:00 horas) con dos días de ayuno a la semana. El análisis químico de los alimentos en cada experimento, se realizó según las técnicas bromatológicas de la AOAC (2002) y los resultados se muestran en la Tabla 3.

En todos los experimentos el llenado del estanque se extendió durante 7 días, aumentando 15 cm el nivel del agua cada día. Se aplicaron dosis de fertilizantes diarias durante la preparación y semanalmente durante el cultivo, para garantizar el crecimiento del alimento natural. Las dosis se calcularon manteniendo una relación N/P de 10:1 (Jaime y cols., 2003).

El intercambio de agua se efectuó siguiendo el comportamiento de las variables físico-químicas, con tasas que no sobrepasaron el 5 % del volumen del estanque. Diariamente se registraron los factores abióticos (oxígeno disuelto y temperatura dos veces al día y la salinidad con una frecuencia diaria). El oxígeno disuelto y la temperatura se midieron con un oxímetro modelo 58 con precisión de 0.01 mg/l y 1° C. La salinidad se determinó usando un refractómetro ATAGO con precisión de 0.01 unidades prácticas de salinidad (ups).

Figura 1. Dispositivos experimentales empleados en los experimentos a escala piloto



Tabla 1. Características generales de cada experimento desarrollado.

Experimentos	Duración (días)	Cantidad de tratamientos	No. de Réplicas	Peso medio inicial (g)	Densidad (camarones/m ²)	Tabla de alimentación utilizada
A	54	14	3	0.19	10 y 15	T1, T2 y T3
B	54	6	3	0.47	10	T1
C	64	6	3	0.45	10	T1 y T2

Al final de cada experimento, a escala piloto, se pesaron todos los camarones para calcular crecimiento, factor de conversión del alimento (FCA = Alimento añadido/ganancia en peso), eficiencia proteica (EP = Ganancia en peso / Proteína consumida), incremento de la biomasa normalizada según Conklin y cols. (1975) [IBN = Biomasa

final - Biomasa inicial / número inicial de animales], tasa de crecimiento instantáneo (TCI = $\ln(\text{Peso final} - \text{Peso inicial}) / \text{Tiempo final} - \text{Tiempo inicial}$) expresado en %, crecimiento semanal ($\text{Peso final} - \text{Peso inicial} / \text{Tiempo}$), Biomasa final (g/m^2), supervivencia y costo del alimento por kilogramo de camarón (CA = Cantidad de alimento añadido x precio del pienso /kg de camarón cosechado] expresado en usd/kg).

En el Experimento A, a los pesos finales se les aplicó un modelo estadístico trifactorial (3x2x2) con 3 factores (tasa de alimentación, nivel de proteína en el alimento y densidad de siembra). En el Experimento B, a los pesos finales se les aplicó un modelo estadístico bifactorial con los factores esquemas y tasas de alimentación, con 3 y 2 niveles para cada factor respectivamente. En el Experimento C, a los pesos finales se les aplicó un modelo estadístico bifactorial con dos factores (esquemas de alimentación y tasa de alimentación), con 3 y 2 niveles para cada factor respectivamente y nivel de significación del 95%.

Los valores de pesos finales de cada experimento, FCA, EP, IBN, CAN y supervivencia se compararon a través de un ANOVA de clasificación simple y de la prueba de Tukey (p 0.05) luego de comprobar su normalidad mediante la prueba de Kolmogorov – Smirnov y la homogeneidad de varianza, a través de la prueba de Bartlett. Los valores de supervivencia y CAN se transformaron previamente a arco seno. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa Statistica (StatSoft, Tulsa, OK, USA).

En el Experimento B se realizaron análisis de correlación entre el estimado de proteína consumida con la EP y con los pesos finales de los camarones, ajustándolos a una ecuación cuadrática (Shearer, 2000), $y = a_0 + a_1S + a_2S^2$ donde, (y) densidad de siembra (DS), o eficiencia proteica (EP), a_0 , a_1 , a_2 , los coeficientes de regresión y S, el número de organismos, o proteína consumida, o pesos finales.

Tabla 2. Tasas de alimentación utilizadas en los experimentos.

Rangos de peso (g)	Tasa de alimentación (expresado en % de la biomasa de camarones)		
	T ₁ *	T ₂	T ₃
0.5 – 1.5	12	10	8
1.6 – 2.5	10	8.0	6.0
2.6 – 3.5	8.5	6.8	5.0
3.6 – 4.5	6.8	5.7	4.5
4.6 – 5.5	5.7	4.9	4.0
5.6 – 6.5	5.0	4.3	3.5
6.6 – 7.5	4.5	3.9	3.2
7.6 – 8.5	4.2	3.6	2.9
8.6 - 9.5	3.9	3.3	2.7
9.6 - 10.5	3.7	3.1	2.05
10.6 – 11.5	3.5	2.9	2.4
11.6 - 12.5	3.3	2.8	2.3
12.6 – 13.5	3.2	2.7	2.2
13.6 – 14.5	3.1	2.6	2.1
14.6 – 15.5	3.0	2.5	2.0
15.6 – 16.5	2.9	2.4	2.0
16.6 – 17.5	2.8	2.3	2.0

*Jaime y cols.. (1994)

Tabla 3. Alimentos balanceados empleados en cada experimento, procedencia y composición química de los mismos.

Alimentos balanceados	Proteína (%)	Lípidos (%)	Ceniza (%)	Humedad (%)	Procedencia
Experimento A: Tablas de Alimentación, Niveles de Proteína y Densidades					
A 30%	30	9.7	9.0	7.5	Malta Texo
A 33%	33	7.7	8.0	7.4	SA. México
Experimento B: Esquemas de Alimentación					
B 24%	24.4	9.7	7.0	8.2	Malta Texo
B 30%	30.0	9.7	9.0	7.5	SA. México
B 33%	33.0	7.7	8.0	7.4	
Experimento C: Tasas y Esquemas de Alimentación					
C 25%	25	9.7	7.0	8.2	Cia Zeigler México
C 30%	30	9.7	9.0	7.5	
C 35%	35	7.7	8.0	7.4	
Experimento D: Escala productiva					
D 25%	25	9.7	7.0	8.2	Cia Zeigler
D 30%	30	9.7	9.0	7.4	México

Experimento A:

Los tratamientos resultaron de la combinación de 3 tablas de alimentación, dos niveles de proteína en el alimento (30 y 33% de proteína) y dos densidades de siembra (10 y 15 camarones/m²), Tabla 4.

Tabla 4. Variantes experimentales ensayadas de acuerdo a las tablas de alimentación, tipo de alimento y densidad de siembra empleada en el experimento A.

		Niveles de proteína en el alimento (Valor porcentual de proteína)			
		30		33	
Densidad de siembra (camarones /m ²)		10	15	10	15
Tasas de alimentación	T ₁	1	2	3	4
	T ₂	5	6	7	8
	T ₃	9	10	11	12

Experimento B:

Se evaluaron 6 esquemas de alimentación (Tabla 5). Los mismos resultaron de diferentes combinaciones de alimentos suplementarios con niveles de proteína de 24, 30 y 33% durante el cultivo.

Tabla 5. Tratamientos evaluados en el Experimento B.

Tiempo de cultivo (días)	Esquemas de alimentación (Valor porcentual de proteína)					
	B (Patrón)	B1	B2	B3	B4	B5
1 - 14	B30%	B24%	B33%	B30%	B30%	B24%
15 - 28	B24%	B30%	B33%	B30%	B30%	B24%
29 - 42	B24%	B30%	B33%	B30%	B30%	B24%
43 - 54	B24%	B30%	B30%	B33%	B30%	B24%

El esquema patrón es el empleado en el cultivo de camarón.

Experimento C

Se evaluaron 3 esquemas de alimentación (Tabla 6), combinados con 2 tasas de alimentación (T1 y T2), Tabla 7.

Tabla 6. Esquemas de alimentación ensayados en el Experimento C.

Tiempo de cultivo (días)	Esquemas de alimentación (Valor porcentual de proteína)		
	C (Patrón)	C1	C2
1 – 15	C 30 %	C 25 %	C 30 %
16 – 31	C 25 %	C 30 %	C 30 %
32 – 47	C 25 %	C 30 %	C 30 %
48 – 62	C 25 %	C 30 %	C 35 %

El esquema patrón es el empleado en el cultivo de camarón.

Tabla 7. Tratamientos ensayados en el Experimento C

Tasas de alimentación	Esquemas de alimentación		
	C (Patrón)	C1	C2
T1	1	2	3
T2	4	5	6

Experimento D

El experimento a escala comercial se desarrolló en la camaronera CULTISUR, ubicada en la provincia de Camagüey, Cuba. Se emplearon estanques de tierra de 2.7ha. Se ensayaron 3 esquemas de alimentación (Tabla 8) y la tasa de alimentación T2. El alimento se adicionó en dos frecuencias diarias (8:00 AM y 5:00 PM). El ajuste de la ración se realizó mediante la lectura de comederos testigos que se colocaron a razón de 5/ha según Bador (1998).

Tabla 8. Esquemas de alimentación evaluados en el Experimento D.

Tiempo de cultivo (días)	Esquemas de alimentación (Valor porcentual de proteína)		
	D (Patrón)	D1	D 2
1 -30	D 30 %	D 25 %	D 30 %
31 - 61	D 25 %	D 30 %	D 30 %
62 - 92	D 25 %	D 30 %	D 30 %
93 - 120	D 25 %	D 30 %	D 30 %

El esquema patrón es el empleado en el cultivo de camarón.

Semanalmente se tomó una muestra de agua por estanque para evaluar la productividad primaria; se capturaron 100 camarones/estanque para evaluar el crecimiento y 10 ejemplares por tratamiento para análisis de hepatopáncreas, branquias y contenido estomacal, con el propósito de evaluar el estado nutricional y de salud de los camarones. Las mismas se analizaron según la metodología descrita por Anónimo (2001). Para el análisis de estos resultados se tuvieron en cuenta el manejo de la fertilización, recambio de agua y ajuste de la ración de alimento.

Al finalizar el experimento se calcularon los índices productivos: biomasa total, peso medio final, supervivencia, rendimiento y FCA. Para el análisis económico de la producción final se tomaron en cuenta los siguientes indicadores: total de gastos directos e indirectos, valor de la producción terminada, ingresos por toneladas y costo por peso.

Resultados

Los valores máximos, mínimos y promedio (\pm DE) de los registros de las variables físicas y químicas del agua durante los diferentes experimentos se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9. Comportamiento de los las variables físicas y químicas del agua (\pm DE) durante el desarrollo de los diferentes experimentos.

Parámetros medidos	Experimentos			
	A	B	C	D
	Meses	Abril-Junio	Abril-Junio	Abril-Junio
Salinidad (ups)	30.8 \pm 4,12 Máx. 35, Mín.18	30.8 \pm 4,12 Máx. 35, Mín.18	30.8 \pm 4.12 Máx. 35, Mín.18	44.0 \pm 8.3 Máx. 45, Mín.35
Oxígeno (mg/l)	6.07 \pm 0.52 Máx. 8, Mín.3	6.07 \pm 0.52 Máx. 8, Mín.3	6.07 \pm 0.52 Máx. 8, Mín.3	5.40 \pm 1.40 Máx. 5,6, Mín.4,6
Temperatura ($^{\circ}$ C)	28.2 \pm 1.16 Máx. 32, Mín. 24	28.2 \pm 1.16 Máx. 32, Mín. 24	28.2 \pm 1.16 Máx. 32, Mín. 24	31.4 \pm 2.60 Máx. 31, Mín.27

Experimento A

El análisis trifactorial no evidenció interacción significativa ($p < 0.05$) entre los factores tasas de alimentación, calidad de pienso y densidad de siembra, sin embargo se observó una interacción significativa de primer grado ($p < 0.05$), entre los factores nivel de proteína en el alimento y densidad de siembra, así como diferencias altamente significativas ($p < 0.001$) entre las tasas de alimentación. El mayor crecimiento se alcanzó cuando se combinó densidad de 10 camarones/m² y alimento de 30 % de proteína, que fue significativamente superior al resto de las combinaciones ensayadas (Tabla 10). El crecimiento se redujo entre un 3 y 10 % al emplear densidad de siembra de 15/m².

Tabla 10. Comparación de los pesos finales (expresados en gramo) para $p < 0.05$, según densidad de siembra y tipo de alimento utilizado en el Experimento A. Cada valor representa la media \pm DE (n = 3).

Tipo de alimento	Densidad de siembra (camarones /m ²)	
	10	15
A30 %	4.75 \pm 0.322 ^a	4.30 \pm 0.126 ^b
A33 %	4.26 \pm 0.420 ^b	4.20 \pm 0.431 ^b

Exponentes iguales por fila no presentan diferencias significativas para $p > 0,05$

Al aplicar las tablas T1 y T2 el crecimiento fue significativamente mayor ($p < 0.05$) que con la T3 (Tabla 11). El costo del alimento varió un 16% entre las tasas de alimentación, con valores de 0.76 a 0.98 usd/kg de camarón producido respectivamente. La supervivencia se mantuvo entre 98 - 100% y los indicadores nutricionales (crecimiento semanal, EP, IBN y rendimiento) tendieron a ser mejores con las mayores tasas de alimentación T1 y T2 (Tabla 11).

El factor de conversión del alimento (FCA) presentó diferencias significativas entre tasas de alimentación ($p > 0.05$) con valores de 1.29, 1.56 y 1.79, siendo mejor para las tasas de alimentación menores (T2 y T3).

La contribución del alimento natural (CAN) al crecimiento de los camarones varió significativamente ($p < 0.05$) con relación a la tasa de alimentación recibida y no con el nivel de proteína empleado. A medida que disminuyó la tasa de alimentación se observó un aumento de este indicador (Tabla 11).

Tabla 11. Peso final (\pm DE), crecimiento semanal (Δ GS), FCA, EP, IBN, CAN, rendimiento (R), supervivencia (S) y costo de alimento por kilogramo de camarón producido (CA) al aplicar diferentes tasas de alimentación en el Experimento A.

Indicadores evaluados	Tasas de alimentación		
	T1	T2	T3
PESO FINAL (g)	4.653 \pm 0.334 ^a	4.336 \pm 0.380 ^a	4.147 \pm 0.317 ^b
Δ GS (g)	0.60 ^a	0.56 ^a	0.54 ^b
FCA	1.79 \pm 0.18 ^b	1.56 \pm 0.06 ^{ab}	1.29 \pm 0.15 ^a
EP	1.8 \pm 0.26 ^a	2.05 \pm 0.17 ^a	2.44 \pm 0.34 ^b
IBN	4.26 \pm 0.4 ^a	4.02 \pm 0.17 ^a	3.96 \pm 0.32 ^b
CAN	59.97 \pm 5.48 ^b	61.83 \pm 4.75 ^{ab}	65.08 \pm 6.66 ^a
R (kg/ha)	529.5 ^a	510.6 ^a	493.4 ^b
S (%)	98 ^a	100 ^a	100 ^a
CA (usd/kg)	0.98	0.885	0.76

Exponentes iguales por fila no presentan diferencias significativas ($p > 0.05$)

Experimento B

Las variantes experimentales que incluyeron alimento suplementario con mayor nivel de proteína al final del esquema (tratamientos B1 y B3) promovieron los crecimientos más elevados y mayores incrementos en peso semanales (Tabla 12). No se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre ellas pero si entre el tratamiento B3 y el resto de los esquemas.

Cuando se aplicó el granulado con 24% de proteína (tratamiento B5) el crecimiento fue significativamente menor ($p < 0.05$) que con el resto de los esquemas, excepto el esquema patrón (B). Los camarones que no consumieron alimento suplementario alcanzaron los menores crecimientos ($p < 0.05$). La supervivencia fue elevada en todos los tratamientos y se mantuvo entre 95 y 100%.

La EP tendió a aumentar en las variantes experimentales donde predominó la adición del balanceado con el menor porcentaje de inclusión de proteína (B y B5) y en el tratamiento B3. Se observaron correlaciones significativas entre el estimado de proteína consumida con la EP y los pesos finales de los camarones de $r = 0.68$ y $r = 0.59$ respectivamente.

El IBN mostró valores superiores a 4 en los tratamientos B1, B2, B3 y B4, resultando menor en la variante B5. El FCA alcanzó el valor más elevado en la variante experimental B (patrón). Los mejores valores de este indicador corresponden a los tratamientos B1, B2 y B3.

Tabla 12. Peso final (\pm DE), crecimiento semanal (Δ GS), FCA, EP, IBN, CAN, rendimiento (R), supervivencia (S) y costo de alimento por kilogramo de camarón producido (CA) al aplicar diferentes tasas de alimentación en el Experimento A.

Indicadores evaluados	Esquemas de alimentación					
	B (patron)	B1	B2	B3	B4	B5
Peso final (g)	4.4 \pm 0.6 ^{bc}	4.71 \pm 0.7 ^{ab}	4.51 \pm 0.6 ^b	5.01 \pm 0.5 ^a	4.52 \pm 0.8 ^b	4.1 \pm 0.47 ^c
Δ G (g/semana)	0.55 ^{bc}	0.59 ^{ab}	0.56 ^b	0.63 ^a	0.56 ^b	0.51 ^c
FCA	1.93 ^{cd}	1.78 ^{ab}	1.77 ^{ab}	1.59 ^a	1.88 ^c	1.87 ^c
EP (%)	2.07 ^{ab}	1.92 ^b	1.73 ^{bc}	2.07 ^a	1.79 ^b	2.20 ^a
IBN	3.99 ^b	4.28 ^a	4.32 ^a	4.82 ^a	4.11 ^b	3.90 ^b
CAN (%)	68.93	64.17	63.6	57.02	66.95	67.11
Supervivencia	95 ^a	95 ^a	100 ^a	100 ^a	95 ^a	100 ^a

Exponentes iguales por fila no presentan diferencias significativas ($p > 0.05$)

Experimento C

El análisis bifactorial no evidenció interacción significativa ($p < 0.05$) entre los factores tasas y esquemas de alimentación y no se encontraron diferencias significativas

($p > 0.05$) en el crecimiento alcanzado entre las tasas de alimentación T1 y T2. Con el empleo de la tasa T2 se puede reducir la adición de alimento en un 20%, similar al obtenido en el Experimento A.

Las variantes experimentales que incluyeron alimento suplementario con mayor nivel de proteína, al final del esquema (C1 y C2) promovieron crecimientos significativamente más elevados ($p < 0.05$) que el esquema C (patrón). Los camarones que no consumieron alimento suplementario alcanzaron los menores crecimientos ($p < 0.05$). La supervivencia fue elevada en todos los tratamientos y se mantuvo entre 79 y 89% (Tabla 13).

El costo del alimento varió entre 1.12 y 1.13 usd/kg de camarón producido entre los diferentes esquemas ensayados, demostrándose que el empleo de balanceados con mayor nivel de proteína en los esquemas C1 y C2 no implicó un aumento en el costo del alimento suplementario.

Tabla 13. Pesos finales, ganancia en peso semanal (ΔG semanal), FCA, EP, IBN, supervivencia y contribución del alimento natural al crecimiento de los camarones (CAN) alimentados con diferentes esquemas (Experimento C).

Índices evaluados	Esquemas de alimentación		
	C (Patrón)	C1	C2
Peso final (g)	6.72 ^b	7.56 ^a	7.31 ^a
Crecimiento relativo (%)	1393 ^b	1580 ^a	1524 ^{ab}
Crecimiento semanal (g)	0.76 ^b	0.85 ^a	0.83 ^a
FCA	3.06 ^c	1.92 ^a	2.32 ^b
CAN	68	57	60
Supervivencia (%)	80	100	90

Exponentes iguales por fila no presentan diferencias significativas ($p > 0.05$)

Experimento D

Las concentraciones de microalgas totales en los estanques variaron entre 40 000 y 190 000 células/ml y se comportaron de forma similar el ciclo de cultivo. Entre las mismas predominaron las clorofíceas y cianofíceas sobre las diatomeas.

Los análisis de sanidad realizados periódicamente a los camarones, indicaron buena salud y estado nutricional de los mismos durante todo el ciclo de cultivo.

En los tratamientos donde se aplicaron los esquemas de alimentación con mayor porcentaje de proteína durante y en la etapa final del ciclo, alcanzaron los mejores valores de los índices productivos evaluados: rendimientos entre 584 – 693 kg/ha, FCA entre 2.3 – 2.9, incremento del peso semanal entre 0.8 – 0.9 g y costo del alimento entre 1.18 – 1.44 usd/kg de camarón producido (Tabla 14). Los mayores pesos finales se alcanzaron con la aplicación del Esquema D2, donde se utilizó, durante todo el ciclo de cultivo, granulado con 30% de proteína, significativamente superior al patrón (D).

El comportamiento del consumo de alimento durante el cultivo, se presenta en la Figura 2. En el tratamiento patrón se observó un aumento de la demanda de granulado a partir de la 6ª semana, que se tradujo en un retardo en la tasa de crecimiento semanal de 1.3 a 0.6 g/semana, en comparación con el resto de los esquemas, donde se mantuvo el ritmo de crecimiento, con una menor demanda de alimento.

Los costos de producción más bajos se alcanzaron en el estanque donde se aplicó el tratamiento D2 (Tabla 15), dado fundamentalmente por un menor consumo de balanceado, que representó aproximadamente el 20% de los costos totales de producción en la camaronera.

Figura 2. Variación del consumo semanal de alimento balanceado en los diferentes tratamientos ensayados (Experimento D)

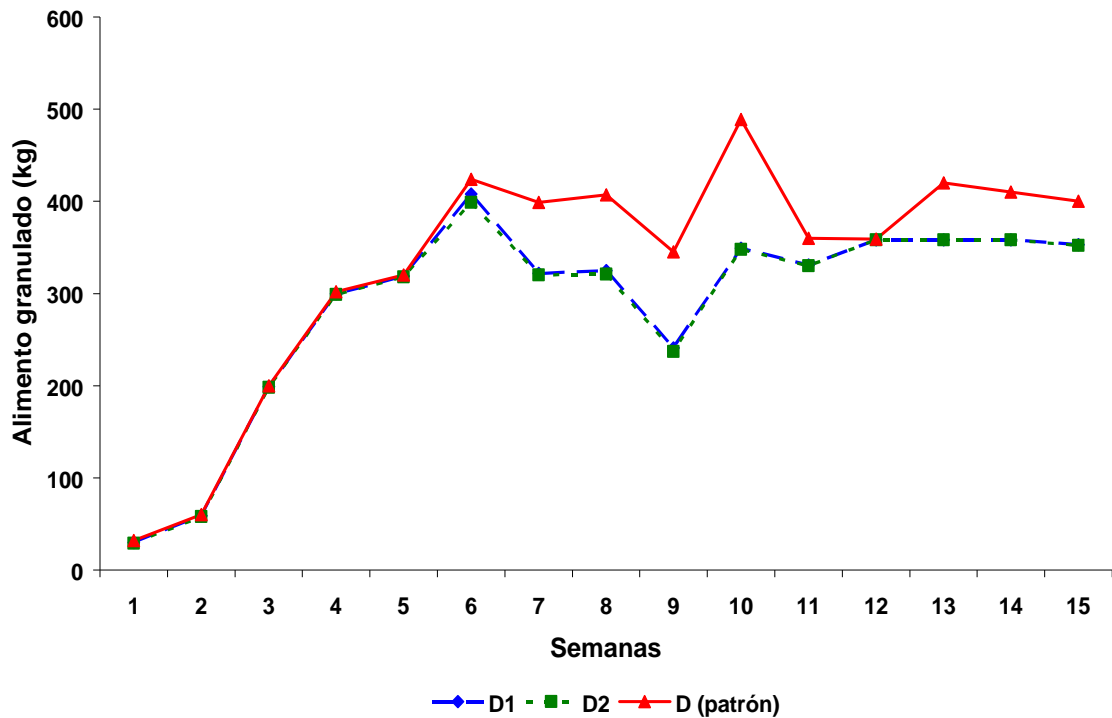


Tabla 14. Biomasa final, peso medio final, supervivencia, FCA, rendimiento, incremento en peso semanal, costo de alimento por kilogramo de camarón producido (CA) al aplicar los diferentes esquemas de alimentación a escala comercial (Experimento D).

INDICES EVALUADOS	ESQUEMAS DE ALIMENTACIÓN		
	D (Patrón)	D1	D2
Días de cultivo	103	104	101
Biomasa final (kg)	1578	1667	1702
Peso medio final (g)	11.8 ^b	12.0 ^{ab}	12.8 ^a
Supervivencia (%)	43.8 ^b	45.4 ^b	67.4 ^a
FCA	2.9 ^b	2.5 ^a	2.3 ^a
Rendimiento (kg/ha)	584 ^b	654 ^a	693 ^a
Incremento en peso semanal (g)	0.80	0.80	0.90
CA (usd/kg)	1.44	1.18	1.19

Exponentes iguales por fila no presentan diferencias significativas ($p > 0.05$)

Tabla 15. Costos incurridos y valor de la producción en el experimento D.

Indicadores	Costos de producción					
	D (Patrón)		D 1		D 2	
	usd	Pesos	usd	Pesos	usd	Pesos
Alimento artificial	2428	297	2252	269	2156	263
Juveniles producidos	486	779	515	827	563	904
Total de gastos directos	3460	7251	3175	3577	3043	3469
Total de gastos indirectos	547	1562	554	1613	543	1576
Gasto y Costo total	4277	10238	3999	6615	3856	6470
Valor de la producción						
Toneladas industriales	1292		1404		1602	
Ingresos/t (usd)	3905		3897		4801	

Discusión

Los registros de las variables físicas y químicas, en general se encuentran dentro de los rangos recomendados para el cultivo de camarones *Peneidos* (Casillas-Hernández y cols., 2007). No obstante, se observaron algunas variaciones bruscas de salinidad debido a la actividad de lluvia, propia de la época de verano en el trópico. En el Experimento D (escala comercial), los valores elevados de temperatura y salinidad, alcanzados durante el ciclo de cultivo, pudieron influir negativamente sobre los camarones provocando estrés, afectaciones en el crecimiento y supervivencia (De Sequeira y Lemos de Mello, 2007).

Los resultados, alcanzados en el experimento A muestran que *L. schmitti* es más conveniente sembrarlo a 10 camarones/m² cuando se aplican técnicas de cultivo semi-intensivo. Resultados similares alcanzaron Fraga y cols. (2002) al evaluar niveles de proteína y densidades de siembra en similares condiciones con la misma especie. De ahí la necesidad de evaluar diferentes esquemas y tasas de alimentación al variar el nivel de proteína en los alimentos y la densidad de siembra.

En el ámbito internacional los resultados que se informan con relación al crecimiento alcanzado, al aplicar dietas con diferentes niveles de proteína y densidades de siembra, son contradictorios. Lawrence y cols. (1998) y Tacon, (1998) consignaron que a medida que se aumenta la densidad de siembra, los camarones requieren de mayor nivel de proteína en la dieta, por el gasto fisiológico en el confinamiento de los estanques. Sin embargo Hopkins y cols. (1996) y Teichert-Coddington y Rodríguez (1995) no observaron diferencias significativas en el rendimiento al variar el nivel de proteína en el alimento e incrementar la densidad de siembra en el cultivo. Además indicaron que en la medida que se incrementa la densidad de siembra, el crecimiento de los camarones disminuye. Artilles (2000), al trabajar con *L. schmitti*, observó una correlación negativa a densidades superiores a 25 camarones/m². El camarón blanco del Caribe, a diferencia del *Litopenaeus vannamei*, no admite densidades elevadas en sistemas de cultivo semi-intensivo en estanques de tierra. Sin embargo, en todos los experimentos a escala piloto, la supervivencia fue elevada con valores entre 80 y 100% para los que consumieron alimento artificial y entre 75 y 10% en los que no se alimentaron. Jaime y Galindo (2002) informaron la no existencia de correlación entre la densidad de siembra y la supervivencia de *L. schmitti*.

Cuando se emplean densidades de siembra diferentes, se ha observado que el aprovechamiento del alimento disminuye a medida que aumenta la densidad de *L. schmitti*. Este aspecto ha sido corroborado por Artilles (2000) al someter camarones de esta especie a densidades entre 25 y 75 camarones/m².

Las diferencias de crecimiento entre camarones sembrados a 10 y 15 camarones/m² en el experimento A, se deben probablemente a la competencia por el alimento natural. Resultados similares observaron Anderson y cols. (1987) y Parker y cols. (1989) en *Litopenaeus vannamei* sembrados a densidades entre 15 y 20 camarones/m² al emplear el método de isótopos de carbón marcado. Robertson y cols. (1993) en *Litopenaeus setiferus* estimaron aportes del alimento natural al crecimiento del 52% al emplear densidades de siembra de 40 camarones/m². En condiciones semi-intensivas de cultivo, el camarón blanco consume aproximadamente el 40% del alimento artificial que se suministra a los estanques, al disponer de una dieta natural que crece en el acuatorio y que juega un papel importante en el desarrollo de estos crustáceos (Jaime y cols., 1996).

Las variaciones del costo del alimento observadas en este experimento (0.76 – 0.98 usd/kg), son similares a las informada para Vietnam al aplicar técnicas de cultivo semi-

intensivo y densidades de siembra de 11.5 camarones/m², con valores de 0.77usd/kg (Ling y cols., 1999).

Al evaluar diferentes esquemas de alimentación se observó que la eficiencia proteica tendió a aumentar en los tratamientos donde predominó la adición de alimento con menor nivel proteico. Sin embargo Galindo (2000) consignó una relación inversa entre la EP y el nivel de proteína en el alimento en juveniles de la misma especie.

Los programas de alimentación que comúnmente aplican las granjas camaroneras semi-intensivas incluyen el uso de piensos con alto nivel de proteína para el engorde inicial, seguidos por raciones de bajo nivel de proteína cuando los camarones son más grandes. Esta práctica está basada en los requerimientos nutricionales prototipo de los animales en desarrollo y no es apropiada para una granja con un sistema de cultivo semi-intensivo, donde la productividad natural del estanque es abundante. Los resultados de este trabajo evidencian esta idea.

A medida que la biomasa de camarón aumenta, la presión sobre el alimento natural se incrementa hacia los niveles que se consideran el límite de la contribución al crecimiento y el alimento suplementario será requerido para mantener la ganancia en peso deseada en el camarón (Villamar, 2000). Es evidente la conveniencia de desarrollar variantes para el incremento y mantenimiento de una producción efectiva de alimento natural como vía de minimizar los costos del cultivo por concepto de alimento suplementario.

Al evaluar diferentes tasas de alimentación se observó que con el empleo de la tasa de alimentación T2 se puede reducir la adición de alimento en un 20%. Resultados similares reflejaron Ling y cols. (1999) con densidad de siembra de 11.5 camarones/m². Fraga y cols. (2003) informaron que los gastos por concepto de alimento en las camaroneras cubanas variaron entre 1.37 y 2.52 usd/kg de camarón cosechado, similares a los obtenidos en Filipinas (2.21 usd/kg), Indonesia (1.48 usd/kg) y la India (2.71 usd/kg) al sembrar a densidades de 15.5, 20.7 y 24.3 camarones/m² respectivamente (Ling y cols., 1999).

Martínez-Córdova (2000) mostró que niveles proteicos altos en el alimento no son necesarios, para alcanzar producciones elevadas, cuando la productividad natural es adecuada. Investigaciones recientes han enfatizado la importancia de la biota como fuente de alimento en los estanques de camarón. Esta fuente puede contribuir en más del 75% de los requerimientos nutricionales de los organismos cultivados. En este contexto es importante utilizar la proporción de proteína apropiada en la dieta para cubrir los requerimientos nutricionales de los organismos en el cultivo al menor costo posible (Molina-Poveda, 1998; Martínez-Córdova y cols., 2003).

Los resultados del Experimento D coinciden con los alcanzados en el Experimento C en relación a la aplicación de las tablas de alimentación T1 y T2 y el ahorro de un 20% que representa el empleo de esta última y la reducción de los costos del alimento a medida que los rendimientos aumentaron.

A escala productiva, las diatomeas abundaron durante la preparación de los estanques y primeras semanas de cultivo, por lo que no representaron una contribución significativa a la alimentación de los camarones. La promoción del alimento natural dentro de los estanques ha demostrado su eficiencia, pero es muy difícil mantener densidades adecuadas durante todo el ciclo (Campaña y cols., 2008). Las condiciones extremas de las variables ambientales observadas en este experimento, como temperatura y salinidad pudieron afectar el mejor desarrollo del alimento natural en los mismos.

Estas respuestas coinciden con las obtenidas en el Experimento D con relación a los costos del alimento (usd/kg de camarón producido) inferiores cuando se emplearon balanceados con mayor nivel de proteína al final del esquema. De igual forma coinciden con el Experimento C donde los costos del alimento se hicieron menores a medida que los rendimientos aumentaron. Además la utilización de comederos testigos en estos sistemas de cultivo permitió un ajuste adecuado de la ración alimenticia y se evitó la sobrealimentación, todo lo cual influyó en la reducción de los costos.

Conclusiones

Los resultados alcanzados evidencian que *Litopenaeus schmitti* requiere, para crecer eficientemente en sistemas de cultivo semi-intensivo, emplear densidades de siembra de 10 camarones/m² y aplicar estrategias de alimentación que contemplen esquemas de alimentación con mayor nivel de proteína al final del mismo o alimentos balanceados de 30 % de proteína durante todo el ciclo de engorde, que favorecen la conversión del alimento, la disminución del consumo y los costos de producción. La aplicación de tablas de alimentación moderadas puede reducir los costos en un 20 %, así como el deterioro ambiental.

Bibliografía

1. Amaral, R., Rocha, I.P., Lira, G.P. (2003). Shrimp feeding and feed consumption: The Brazilian experience. En: Shrimp Special Session. World Aquaculture Society. Bahia.
2. Anderson, R.K., Parker, P.L. y Lawrence, A. (1987). a ¹³C¹² tracer study of the utilization of presented feed by a commercially important shrimp *Penaeus vannamei* in a pond growout system. J.World Aquacult. Soc, 18: 148-161.
3. Anónimo (2001). Procedimientos Operacionales de Trabajo: Engorde de juveniles de camarón de cultivo *Penaeus schmitti*. Proceso Biotecnológico. MIP, Cuba.
4. AOAC. (2002). Official Method 965.33, Peroxide value of oils and fats. Official Methods of Analysis of AOAC International 17th ed., Gaithersberg. (Horwitz, W. editor). 41.1.16.
5. Artilles, M. (2000). Engorde intensivo de camarón blanco (*Litopenaeus schmitti*) en estanques de tierra de 0.4 HA. Memorias del 5to Congreso de Ciencias del Mar, La Habana Cuba, del 4 al 8 de Diciembre del 2000.
6. Bador, R.F. (1998). Uso de charolas de alimentación para el cultivo de camarón en Sudamérica. pp 540-549 En: Civera-Cerecedo, R., Pérez-Estrada, C.J., Ricque-Marie, D. y Cruz-Suárez, L.E. (Eds.) Avances en Nutrición Acuicola IV. 540 Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuicola 2000. Noviembre 15-18, La Paz, B.C.S., México.
7. Campaña, A., Martínez, L.R. y Villarreal, H. (2008). Evaluación de rotíferos, copépodos, artemia e insectos como alimento natural exógeno en la pre-engorda y engorda temprana del camarón blanco del pacífico *Litopenaeus vannamei* Boone 1931. 422 – 423 pp. Editores: L. Elizabeth Cruz Suárez, Denis Ricque Marie, Mireya Tapia Zalazar, Martha G. Nieto López, David A. Villarreal Cavazos, Juan Pablo Lazo y Ma. Teresa Viana. Avances en Nutrición Acuicola IX. IX Simposio Internacional de Nutrición Acuicola, 24 – 27 Noviembre. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México.
8. Casillas-Hernandez R., Nolasco-Soria, H., García-Galano, T., Carrillo-Farnes, O. y Páez-Osuna, F. (2007). Water quality, chemical fluxes and production in semi-intensive Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture ponds utilizing two different feeding strategies. Aquacultural Engineering, 36:105–114
9. Conklin, D.E., Devers, K y Shleser, R.A. (1975). Initial development of artificial diets for lobster, *Homarus americanus*. Proc. World Maricult.Soc., 6: 237-248.
10. De Sequeira, C y Lemos de Mello, G. (2007). Manual para o Monitoramento Hidrobiológico em Fazendas de Cultivo de Camarão. Federação Da Agricultura Do Estado De Pernambuco – Faepe, Comissão Estadual De Carcinicultura – Comcarci, Serviço De Apoio Às Micro E Pequenas Empresas Em, Pernambuco - Sebrae/Pe, Recife, 58pp.

11. Fraga, I., Galindo, J., de Arazoza, M., Sanchez, A. (2002) Jaime, B. y Alvarez, J.S. Evaluación de niveles de proteína y densidades de siembra en el crecimiento del camarón blanco *Litopenaeus schmitti*. *Rev. Invest. Mar.* 23(2):141-147.
12. Fraga, I., Galindo, J., Pelegrín, E. y Lazo, A. (2003). Análisis de los resultados productivos del Cultivo de Camarón en Cuba durante el 2002. Centro de Investigaciones Pesqueras, La Habana, Cuba.
13. Fraga, I., Galindo, J. y Jaime, B.. (2010). Evaluación de niveles de inclusión de harina de cangrejo rojo de tierra (*Gecarcinus ruricola*) en la dieta de juveniles de camarón blanco *Litopenaeus schmitti*. *Rev. Inv. Mar.* 31(1): 53-60.
14. Galindo, J. (2000). Evaluación de niveles y fuentes de proteína en la dieta de juveniles de camarón blanco *Litopenaeus schmitti* (Burqurnroad, 1939). (*Crustacea, Decapada, Penaeidae*). *Wiñay Wanchay*, 4:17-47.
15. Galindo, J., Jaime, B., Fraga, I. y Alvarez, J. S. (2009). Empleo de subproductos de la caña de azúcar para la alimentación del camarón blanco del Caribe. *Rev. Electrón. Vet.* Vol. 10 (7): 12pp.
16. Hopkins, J.S., Sandifer, P.A. y Browdy, C.L. (1996). Effect of two protein levels and feed rate combinations on water quality and production of intensive shrimp ponds operated without water exchange. *Journal of the World Aquaculture Society*, 26:93-97.
17. Jaime, B., Hernández, I., Galindo, J., Alvarez, J.S., Perez, M., Fraga, I. y Pelegrin, E. (1994). Optimización de la tabla de alimentación para el engorde de *Penaeus schmitti*. *Rev. Inv. Mar.* 15(2): 165-170.
18. Jaime, B., Galindo, J. y Álvarez, J.S. (1996). Efecto del alimento natural - artificial y la fertilización en el engorde del camarón blanco *Penaeus schmitti*. *Rev. Cub. Invest. Pesq.*, 20(1): 64-68.
19. Jaime, B y Galindo, J. (2002). Efecto de diferentes densidades de siembra en el crecimiento de *Litopenaeus schmitti* (Burkenroa, 1936) en la fase de precría. *Fobcana*, 1 (1): 31–35.
20. Jaime, B., Machado, R., Nodar, R., Lamas, D. y Curbelo, R. (2003). Efecto de la fertilización con diferentes razones nitrógeno-fósforo sobre la productividad primaria de dos granjas camaroneras de Cuba. *Memorias del VI Congreso de Ciencias del Mar.* 16 – 20 de Diciembre, La Habana, Cuba.
21. Jaime, B., Fraga, I., Galindo, J. y Álvarez, J. S. (2009). Effect of shrimp head meal inclusion level in *Litopenaeus schmitti* juvenile's diet. *Rev. Invest. Mar.* 30(1):71 – 78.
22. Lawrence, A.L. y Houston, D.M. (1993). Nutritional response of juvenile *Penaeus setiferus* and *Penaeus vannamei* to different quality feeds in presence and absence of natural productivity. *Proceedings 20th US – Japan Symposium on Aquaculture Nutrition*, Newport, Oregon. M.R. Collie y J.P. McVey (Eds.):113-124 pp.
23. Lawrence, A.L., Velasco, M., Montoya, R. y Samocha, T.M. (1998). Sustainable shrimp farming: the need for environmentally friendly feeds and feed management strategies. *Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuicola*, Noviembre 15 – 18, La Paz México.
24. Ling, B.H, Leung, P.S. y Shang, Y.C. (1999). Comparing Asian shrimp farming: the domestic resource cost approach. *Aquaculture*; 175:31-48.
25. Martínez Córdova, A. L. (2000). Formas y recomendaciones de manejo del alimento y la alimentación para una camaronicultura sustentable. Páginas 271-283 en *Memorias del III Simposium Internacional de Acuicultura: Aqua Mexico*.
26. Martínez Córdova, A.L. (2008). Importancia de la alimentación artificial en el cultivo de camarón. En: C. Molina-Poveda y H. Villareal-Colmenares (eds.) *Estrategias de alimentación en la etapa de engorde del camarón*. CIBNOR, S.A., CYTED y PRONACA, 110 pp.
27. Martínez-Córdova, A. L., Campaña-Torres, A. y Porchas-Cornejo, M. (2003). Dietary protein level and food management in the culture of blue (*Litopenaeus stylirostris*) and white shrimp (*L. vannamei*) in microcosms. *Aquaculture Nutrition*, 9:155-160.
28. Martínez-Córdova, A. L. y Peña-Messina, E. (2005). Biotic communities and feeding habits of *Litopenaeus vannamei* (Boone 1931) and *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson 1974) in monoculture and polyculture semi-intensive ponds. [Aquaculture Research](#), 36 (11): 1075-1084.
29. Molina-Poveda, C. (1998). Disminución de la proteína en el alimento del camarón, como una estrategia para reducir el impacto ambiental. En: *IV Simposium Internacional de Nutrición Acuicola* (editado por T. Cruz-Suárez, D. Rique-Marie y R. Mendoza-Alfaro), pp 183-203. La Paz B.C.S. México.
30. Parker, P.L., Anderson, R.K. y Lawrence, A. (1989). A ¹³C y ¹⁵N tracer study of nutrition in aquaculture: *Penaeus vannamei* in a pond growout system. Pp. 289-303, En: *Stable isotopes in ecological research* (P. W. Rundel, J. R. Ehleringer, y K. A. Nagy, eds.), Springer-Verlag Inc., New York, 525 pp.

31. Robertson, L., Lawrence, A. L. y Castille, F. L. (1993). Effect of feed quality on growth of the gulf of México white shrimp, *Penaeus setiferus*, in pond pens. *The Texas Journal of Science*, Vol. 45(1): 69 – 76.
32. Seiffer, W. y Andreatta, E.R. (2004). El Manejo de la Alimentación y la Sostenibilidad en el Cultivo de Camarones en el Brasil. En: Cruz-Suárez, L. E., Ricque Marie, D., Nieto López, M. G., Villarreal, D.,
33. Shearer, K. (2000). Experimental design, statistical analysis and modeling of dietary nutrient requirement studies for fish: a critical review. *Aquaculture Nutrition* 6: 91-102.
34. Tacon, A. (1998). Global trends in Aquaculture and Aquafeed production 1984 – 1995. *International Aquafeed Directory & Buyers' Guide* 98: 5 – 37.
35. Teichert-Coddington, D.R. y Rodríguez, R. (1995). Semi-intensive commercial grow-out of *Penaeus vannamei* fed diets containing differing levels of crude protein during wet and dry seasons in Honduras. *Journal of the World Aquaculture Society*, 26:72-79.
36. Villamar, D.F. (2000). Alimentación por diseño: uso de tecnología apropiada. *Panorama Acuicola*, 5(supl. 3):26-7.