

USO DE LA LANGOSTILLA (PLEURONCODES PLANIPES) COMO FUENTE DE PROTEINA EN DIETAS EXPERIMENTALES PARA CAMARON

Roberto Civera Cerecedo; Villarreal, H., Goytortúa, E., Rocha, S., Vega, F., Nolasco, H., Pastén, J. y Camarillo, T.

**Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.
Laboratorio de Nutrición Acuícola, División de Biología
Experimental. A. P. 128, La Paz, B.C.S., 23000, México.
Tel: (112) 5 36 33; Fax: (112) 5 47 10.
e-mail: rcivera@cibnor.mx**

RESUMEN

Conforme se intensifican los acuacultivos el alimento balanceado va cobrando una mayor relevancia por el alto porcentaje que representa en los costos de producción. Dentro de los alimentos, el nutriente al que se le ha prestado mayor atención es la proteína, debido a su alto costo y al importante papel que juega en el crecimiento de los organismos. De aquí la necesidad de buscar fuentes alternas de proteína de alta calidad nutricional para la alimentación de los organismos acuáticos.

En la presente investigación se evaluó a la langostilla *Pleuroncodes planipes*, crustáceo muy abundante en las costas de Baja California, como fuente de proteína sustituyendo parcial o totalmente las harinas de pescado, cabeza de camarón o pasta de soya, ingredientes comúnmente utilizados en los alimentos para camarón.

Para evaluar la calidad nutritiva de la harina de langostilla, se llevaron a cabo una serie de estudios tanto de determinación de crecimiento, sobrevivencia y factor de conversión alimenticia, como de digestibilidad de nutrientes in vivo, y de actividad enzimática digestiva in vitro, con alimentos experimentales que contienen diferentes niveles de inclusión de harina de dicho crustáceo.

Los resultados demuestran que la harina de langostilla puede ser considerada como una fuente de proteína de alta calidad y un buen sustituto de las harinas de pescado, soya o cabeza de camarón, ya que promueve el crecimiento del camarón a través de un mejor aprovechamiento de los nutrientes del alimento, sin afectar negativamente la sobrevivencia, bajo condiciones de cultivo controlado.

Actualmente se lleva a cabo una prueba piloto de evaluación nutricional de la harina de langostilla para definir la factibilidad técnica y económica de usar este ingrediente en dietas comerciales para camarón.

INTRODUCCION

La nutrición abarca los procesos químicos y fisiológicos por medio de los cuales un animal se provee de nutrientes para su metabolismo basal, mantenimiento, crecimiento y reproducción. Por lo tanto involucra la ingestión, la digestión, la absorción y el transporte de nutrientes, así como la remoción de productos de desecho (Akiyama y Dominy, 1989). La nutrición es uno de los factores más importantes para la acuicultura ya que conforme se intensifica el sistema de cultivo, va cobrando mayor relevancia la calidad y la cantidad del alimento suministrado. La alimentación puede llegar a representar hasta 2/3 partes de los costos de operación de la producción de las granjas, por lo que un óptimo aprovechamiento de este factor permitirá elevar la eficiencia de la producción. La futura expansión de la acuicultura puede depender en primer lugar de los sistemas de alimentación suplementaria.

Entre los ingredientes más comúnmente usados en la elaboración de dietas balanceadas para camarón se encuentran las harinas de pescado, soya, trigo, maíz, sorgo, calamar, cabeza de camarón y diversas levaduras (New, 1987). En la actualidad existe un decremento en el suministro y un incremento en el costo de las proteínas de origen animal y vegetal. Un ejemplo de lo anterior son las harinas de pescado (fuentes de proteína que generalmente se utilizan en un mayor porcentaje en las dietas para organismos acuáticos), en donde la captura mundial de pescado para la producción de harinas esta cercana al máximo rendimiento que es posible sostener sin reducir significativamente las poblaciones de peces, y sin embargo, la demanda de dichos productos sobrepasa ampliamente la oferta.

La Acuicultura consume cerca de un 10% de la producción mundial de harina de pescado, la cual promedia aproximadamente 6'000,000 toneladas métricas por año (Barlow, 1989). Dicha situación hace necesaria la exploración de nuevas fuentes de proteína, nutritivas y económicas.

Existen un gran número de ingredientes alternativos prometedores (ver Tacon, 1990 y 1994), como ejemplos se pueden citar la utilización de la grilleta (*Pterophylla beltrani*) o la harina de camarón como fuentes de proteína en dietas para camarón (Cruz-Suárez et al., 1990 y 1993). Tinsley et al. (1984) estudiaron el uso de la mosca doméstica (*Musca domestica*) en alimentos balanceados. García y Jaime (1990) trabajaron con la lombriz de tierra (*Eudrilus eugeniae*) como ingrediente en dietas para postlarvas.

En México uno de los recursos naturales con mayores probabilidades de utilizarse como ingrediente para alimentos balanceados es la langostilla (*Pleuroncodes planipes*), ya que se trata de un recurso masivo, que tiene una composición química de gran valor para la nutrición animal.

La langostilla es un crustáceo de la familia Galatheidae que en ocasiones llega a re-presentar hasta el 70% de la fauna de acompañamiento en la pesquería de camarón en Baja California.

Dicho recurso marino se encuentra distribuido entre Cabo San Lucas y Bahía Sebastián Vizcaino, en el Pacífico de Baja California. Cálculos conservadores estiman una abundancia de 205,000 toneladas métricas (Ehrhardt y Ramirez, 1982), pero estudios realizados recientemente en el CIBNOR permiten suponer que pueden existir hasta 735,929 Tm./año, de las cuales al menos el 10% podrían ser capturadas sin poner en riesgo las poblaciones naturales (Aurioles-Gamboa et al., 1995).

La composición proximal de la langostilla es variable según la zona de captura, la estación del año, la edad de los organismos, etc., sin embargo, se ha reportado que los componentes más abundantes de la langostilla son la proteína, las cenizas, la quitina y el extracto etéreo, con rangos de 21.2-54.7%; 12.8-35.9%; 4.76-21.6%; 4.7-14% respectivamente (Castro-González et al., 1995). Así mismo, su contenido de carotenoides es elevado 10-16 mg/ 100 g (Spinelli y Mahnken, 1978) y los aminoácidos presentes son adecuados para la alimentación humana. Gallardo (1975) llevó a cabo un estudio sobre el uso de concentrados proteicos de langostilla de plataforma continental, dirigidos al consumo humano y animal. Sin embargo, dicho recurso no se ha destinado al consumo humano debido al reducido tamaño del músculo abdominal y en cambio ha sido estudiado principalmente como fuente de pigmentos en dietas para algunos organismos acuáticos y aves de corral (Carrillo-Dominguez et al., 1995).

La Langostilla tiene un gran potencial como fuente de proteína y aceite de alta calidad para el cultivo de salmónidos (Spinelli y Mahnken, 1978) y de crustáceos (Van Olst et al., 1976). Debido a su gran actividad enzimática, la langostilla puede ser utilizada también como una fuente potencial de enzimas de interés para procesos biotecnológicos (García-Carreño, 1992).

Investigaciones realizadas en el CIBNOR han demostrado que la langostilla en forma de harina puede ser incluida con éxito en dietas experimentales para camarón café *Penaeus californiensis* (Villarreal et al., 1991; Civera et al., 1994; Villarreal, 1995) y para camarón blanco *P. vannamei* (Casillas et al., 1988; Civera et al., 1992; Goytortúa, 1993). Van Olst et al., (1975) usaron la harina de langostilla como alimento único y como complemento de una dieta comercial en ensayos de crecimiento con juveniles de la langosta (*Homarus americanus*), obteniendo resultados muy positivos.

En el presente trabajo se resumen una serie de experimentos llevados a cabo en los laboratorios de Nutrición Acuícola del CIBNOR con el objetivo principal de determinar el valor nutricional de la langostilla en alimentos para camarones peneidos, a través de la medición del crecimiento de organismos alimentados con dietas que contienen harina de langostilla, la determinación de la digestibilidad in vivo de dichos alimentos y la cuantificación de la actividad de las proteasas digestivas en los organismos.

MATERIALES Y MÉTODOS

UNIDADES EXPERIMENTALES

El presente trabajo fue realizado en las instalaciones de Acuicultura del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., dentro de dos unidades o sistemas para bioensayos experimentales.

- a) Sistema I (Bioterio). Consistente en doce acuarios de concreto de 60 lt (0.58 X 0.42X0.25 m) con vista frontal de cristal, en los cuales se llevaron a cabo los experimentos 1 y 2 (crecimiento y digestibilidad, respectivamente).
- b) Sistema II. Consistente en 24 acuarios de plástico de 80 lt, en los cuales se llevaron a cabo bioensayos de crecimiento con ejemplares de *Penaeus vannamei* y *P. californiensis*, experimentos 3 y 4 respectivamente.

En ambos sistemas experimentales se cuenta con agua de mar filtrada en cama de arena, por filtro de cartucho de 10m y filtro de luz ultravioleta. Cada uno de los acuarios cuenta con tubos de alimentación y de drenaje para mantener un flujo de agua continuo. El agua de los sistemas se mantuvo a temperatura constante con calentadores sumergibles de 250 W y se oxigenó a través de piedras difusoras alimentadas por sopladores de 1/8 HP. El fotoperíodo fue controlado con un reloj automático y focos de 25 watts para mantener 12 horas de iluminación por 12 horas de oscuridad en el sistema I, mientras que en el sistema II se trabajó con fotoperíodo natural.

ORGANISMOS EXPERIMENTALES

Los organismos de la especie *Penaeus vannamei* fueron obtenidos del laboratorio de producción larvaria (Sociedad Cooperativa Acuicola Acuicultores de la Península de La Paz, B.C.S.). Las postlarvas de camarón café fueron producidas en el laboratorio de cultivo de crustáceos del CIBNOR.

Los diferentes organismos fueron alimentados con una combinación calamar fresco/pelet comercial (PIASA 40) y nauplios de *Artemia* vivos/pelet comercial (PIASA 40), alternando un día cada una de ellas hasta alcanzar el peso deseado para iniciar los bioensayos nutricionales. Posteriormente, se procedió a pesar y seleccionar los organismos con un peso individual similar y se distribuyeron aleatoriamente en cada uno de los acuarios, según los diseños que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Condiciones experimentales de los bioensayos nutricionales

	Experimento			
	1	2	3	4
Especie	P.v.	P.v.	P.v.	P.v.
Acuario (l)	60	60	80	80
Peso inicial (g)	0.260	3.32	0.091	0.054
Organismos/acuario	15	8	10	10
Acuarios por dieta	3	3	3	3
Duración (días)	30	45	45	30
Temperatura (oC)	28	27	28	27
Salinidad (0/00)	37	37	32	37
Frecuencia de alimentación/día	2	3	2	2
Alimentación	<i>ad libitum</i>			

MONITOREO Y CONDICIONES EXPERIMENTALES

ENSAYOS DE CRECIMIENTO (EXP. 1, 3 Y 4)

Durante los experimentos se monitorearon la temperatura, la salinidad y el oxígeno disuelto, además de que se cuantificaron el número de mudas, el número de muertos y la cantidad de alimento residual. El primer día del experimento se les suministró el alimento experimental a un 15% del total de la biomasa y a partir del segundo día, se corrigió dicha cantidad tomando como base la estimación aparente del alimento residual. La alimentación fue *ad libitum*, dosificada en dos raciones al día (10:00 y 17:00 hrs). Diariamente se procedió a retirar los detritos, como exoesqueletos provenientes de mudas, heces y alimento no consumido.

ENSAYO DE DIGESTIBILIDAD IN VIVO (EXP.2)

Durante éste experimento los organismos fueron alimentados 3 veces al día (10:00, 13:00 y 16:00 h); la alimentación fue *ad libitum*, corrigiendo la dosificación diariamente de acuerdo al alimento residual. Se monitoreó diariamente la temperatura, la salinidad y el oxígeno disuelto y se contaron el número de mudas y el número de muertos. Después del monitoreo diario se procedió al mantenimiento de los acuarios (retirando todos los detritos), para posteriormente suministrar la primera dosis de alimento. Una vez hecho esto, se dejó que los camarones se alimentaran por un período de dos horas, al final del cual se procedió a la recolección de las heces por sifoneo manual con la ayuda de una pipeta pasteur. Se llevaron a cabo dos colectas diarias en cada acuario; las heces fueron lavadas suavemente con agua destilada y se congelaron a -50 oC. Después de 45 días de colecta, las heces se liofilizaron para conservarlas hasta el momento de su análisis.

Los análisis químicos se realizaron según la metodología de la A.O.A.C. (1990). El cálculo de la digestibilidad aparente de los diferentes nutrientes se llevó a cabo según la fórmula reportada por Teshima y Kanazawa (1983).

ELABORACION DE HARINA

Como primer paso en la elaboración de las harinas de langostilla de plataforma continental y de cabeza de camarón cultivado, se sometió la materia prima a un escaldado en agua de mar a 100 oC durante cinco minutos. Una vez terminado el cocimiento, se dejó escurrir el producto eliminando con esto el exceso de agua para acelerar el proceso de secado, mismo que se llevó a cabo durante 5 horas en un secador de túnel con flujo de aire continuo a 75 oC y con una humedad relativa de 70%. El producto seco se trituroó en un molino de martillos con una malla de 2 mm de diámetro. Las harinas obtenidas fueron almacenadas en bolsas de plástico, dentro de cubetas con tapadera de cierre hermético, hasta su utilización.

ALIMENTOS EXPERIMENTALES

Se formularon diversas dietas experimentales de manera tal que cubrieran los requerimientos nutricionales reportados por Akiyama y Dominy (1989) para *Penaeus vannamei* y *P. californiensis*. La preparación de los alimentos pelotizados se llevó a cabo según la metodología descrita por Goytortúa, (1993).

EXPERIMENTOS 1 Y 2

La harina de pescado fue sustituida con 5, 10 y 15% de harina de langostilla (Tabla 2). Para el ensayo de digestibilidad se usaron las mismas formulaciones, salvo que se incluyó (0.5%) de óxido crómico y se disminuyó el contenido de harina de sorgo en la dieta para ajustar al 100%.

Tabla 2. Composición y análisis proximal de las dietas utilizadas en los experimentos 1 y 2* con juveniles de *Penaeus vannamei*

Ingrediente	Control	HL 5	HL 10	HL 15
Harina de pescado a	25.5	22	19	16
H. langostilla b	0	5	10	15
H. camarón b	10	10	10	10
Pasta de soya	29	29	29	29
H. trigo	15	15	15	15
H. sorgo	10	8.5	6.5	4.5
Premezcla de vitaminas c	0.2	0.2	0.2	0.2
Acido L-ascórbico	0.3	0.3	0.3	0.3
Premezcla de minerales d	3	3	3	3
Aceite de atún	1.5	1.5	1.5	1.5
Lecitina de soya	1.5	1.5	1.5	1.5
Grenetina	4	4	4	4
Composición proximal (g/100g materia seca)				
Proteína cruda	44.46	43.87	43.76	42.22
Extracto etéreo	12.00	12.50	12.30	12.60
Fibra cruda	3.37	3.56	3.32	3.29
Ceniza	14.49	14.51	15.28	16.41
E.L.N.1	25.70	25.60	25.30	25.50
Energía bruta (Kcal/g)	4.18	4.23	4.23	4.21

* Para las dietas del Experimento 2 se utilizó 0.5% de óxido crómico como marcador indirecto.

a Harina de desechos de atún (PROPEPAZ, La Paz, B.C.S.)

b Fabricadas en el laboratorio de Nutrición Acuicola del CIBNOR, S.C.

c Premezcla de vitaminas (cantidades/kg alimento): Vit. A 15,000 UI; Vit. D3 7,500 UI; Vit. E 400 mg; Vit. K3 20 mg; Tiamina 150 mg; Riboflavina 100 mg; Piridoxina 50 mg; Ac. pantoténico 100 mg; Niacina 300 mg; Biotina 1 mg; Inositol 5000 mg; Colina 400 mg; Ac. fólico 20 mg; Cianocobalamina 0.1 mg.

d Premezcla de minerales (g/100g alimento): KCl 0.5; MgSO₄.4H₂O 0.5; ZnSO₄.7H₂O 0.09; MnCl₂.4H₂O 0.0234; CuCl₂.2H₂O 0.005; KI 0.05; CoCl₂.6H₂O .0025; Na₂HPO₄ 2.37

¹ Extracto Libre de Nitrógeno (calculado por diferencia a 100%).

EXPERIMENTOS 3 Y 4

La proteína aportada por las harinas de pescado, camarón o pasta de soya fueron sustituidas parcial o totalmente con proteína aportada por la harina de langostilla. La Tabla 3 muestra los niveles de sustitución evaluados en estos experimentos. Adicionalmente, se utilizaron dietas comerciales Rangen 40 (Exp. 3), Purina 35 y Purina 40 (Exp. 4) como controles externos.

Tabla 3. Composición y análisis proximal de las dietas utilizadas en los Experimentos 3 y 4 con postlarvas de *Penaeus vannamei* y *P. californiensis*.

Ingrediente	Control	S33P	S66P	S100P	S100C	S33S	S66S	S100S
H. pescado a	25.0	16.7	8.5	—	25.0	25.0	25.0	25.0
H. camarón b	10.0	10.0	10.0	10.0	—	10.0	10.0	10.0
H. langostilla b	—	13.0	25.9	39.3	15.3	10.8	21.6	32.7
Pasta de soya	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	16.8	8.5	
H. trigo	16.0	16.0	16.0	15.7	16.0	16.0	16.0	16.0
H. sorgo	13.0	8.5	4.2	—	7.9	11.2	9.4	7.7
P. vitaminas c	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Ac. L-ascorbico	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
P. minerales d	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Aceite de sardina	1.5	1.3	0.9	0.5	1.3	0.7	—	—
Lecitina de soya	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0.6
Grenetina	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Composición proximal (g/100g materia seca)								
Proteína cruda	38.5	37.0	38.1	37.5	38.7	38.2	37.9	38.3
Extracto etéreo	8.7	8.6	9.2	8.4	10.1	10.7	9.7	9.4
Fibra cruda	4.0	4.2	4.0	4.2	4.0	4.1	3.9	4.0
Ceniza	14.5	16.9	19.5	22.1	15.8	17.7	19.8	16.9
E.L.N.1	34.3	33.3	29.2	27.8	31.4	29.3	28.7	31.4
Energía bruta ²	4.3	4.1	3.9	3.9	4.1	4.1	4.0	4.0

a Harina de atún (PROPEPAZ, La Paz, B.C.S.)

b Fabricadas en el laboratorio de Nutrición Acuicola del CIBNOR, S.C.

c Premezcla de vitaminas (cantidades/kg alimento): Vit. A 15,000 UI; Vit. D3 7,500 UI; Vit. E 400 mg; Vit. K3 20 mg; Tiamina 150 mg; Riboflavina 100 mg; Piridoxina 50 mg; Ac. pantoténico 100 mg; Niacina 300 mg; Biotina 1 mg; Inositol 5000 mg; Colina 400 mg; Ac. fólico 20 mg; Cianocobalamina 0.1 mg.

d Premezcla de minerales (g/100g alimento): KCl 0.5; MgSO₄·4H₂O 0.5; ZnSO₄·7H₂O 0.09; MnCl₂·4H₂O 0.0234; CuCl₂·2H₂O 0.005; KI 0.05; CoCl₂·6H₂O .0025; Na₂HPO₄ 2.37

1 Extracto Libre de Nitrógeno (calculado por diferencia a 100%).

2 (Kcal/g)

ACTIVIDAD ENZIMÁTICA (EXP. 2)

Al finalizar el experimento de digestibilidad in vivo, quince organismos de cada tratamiento alimenticio fueron dejados en ayuno por 48 horas. Posteriormente los hepatopáncreas fueron extraídos y homogeneizados en buffer de fosfato 10mM (pH 7, 1:4 peso húmedo: volumen). Después de centrifugar durante 5 min. a 15000 rpm, el sobrenadante (extracto crudo) se congeló a -20oC hasta su utilización. La proteína de los extractos fue determinada por el método de Lowry et al., (1951). Los ensayos de actividad proteolítica se realizaron por triplicado según el método descrito por Divakaran y Ostrowski (1990).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el paquete de computación STATGRAPHICSMR. El análisis de varianza (one-way) se usó para determinar si existían o no diferencias significativas entre los tratamientos alimenticios. La prueba de rangos múltiples LSD se utilizó para comparar las medias de los tratamientos.

RESULTADOS

EXPERIMENTO 1

Después de treinta días del experimento, la sobrevivencia obtenida con los cuatro alimentos fue igual o superior al 98% (Tabla 4). Los juveniles de *P. vannamei* alimentados con la dieta HL 15 (15% de harina de langostilla) mostraron un crecimiento significativamente mayor al obtenido con las demás dietas evaluadas ($P < 0.05$), desde los diez primeros días del ensayo (Figura 1). Siendo este fenómeno muy evidente en la tasa de crecimiento final (Fig. 2). A pesar de que no se encontraron diferencias de peso significativas ($P > 0.05$) entre los animales alimentados con las dietas control, HL 5 y HL 10, tanto el peso final, como la tasa de crecimiento tienden a aumentar ligeramente conforme se incrementa el contenido de langostilla en el alimento.

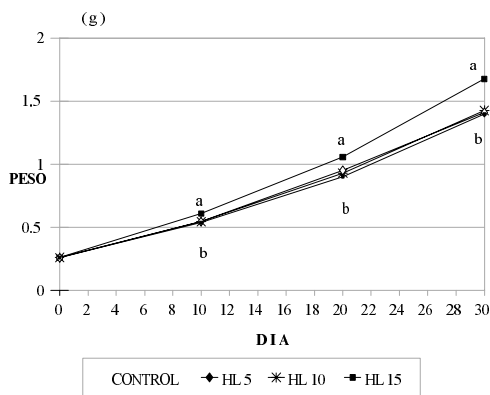


Figura 1. Efecto de la inclusión de harina de langostilla en la dieta sobre el crecimiento de juveniles de *Penaeus vannamei* (Exp. 1)

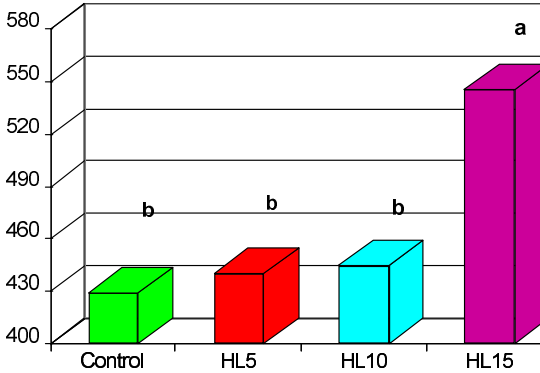


Figura 2. Efecto de la inclusión de harina de langostilla en la dieta sobre el crecimiento de juveniles de *Penaeus vannamei* al día 30 (Exp. 1)

Tabla 4. Efecto de la inclusión de harina de langostilla sobre el crecimiento de juveniles de *Penaeus vannamei* a los 30 días de cultivo en laboratorio (Experimento 1).

Dieta	Sobrevivencia (%)	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Mudas por dieta ¹	FCA ²
Control	100	0.261 a + 0.004	1.396 b + 0.04	54 ^b	1.54 ^a
HL 5	100	0.259 a + 0.004	1.408 b + 0.04	32 ^b	1.50 ^a
HL 10	98	0.260 a + 0.004	1.424 b + 0.05	49 ^b	1.57 ^a
HL 15	100	0.260 a + 0.004	1.678 a + 0.06	95 ^a	1.41 ^a

(+) Desviación estandar.

* Los valores con la misma letra en cada columna no son significativamente diferentes ($P >> 0.05$).

1 Total de mudas aparentes por tratamiento o dieta.

2 Factor de conversión alimenticia aparente.

El alimento HL 15 aumentó la frecuencia de muda de los organismos ya que el número total de mudas registrado (95) fue significativamente mayor ($P << 0.05$) al encontrado con los otros alimentos (Tabla 4).

Con las cuatro dietas se obtuvieron factores de conversión alimenticia inferiores a 1.6, siendo el alimento HL 15 el que tuvo la mejor tasa de conversión (1.41), sin embargo, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos alimenticios

EXPERIMENTO 2

La sobrevivencia de los juveniles de *P. vannamei* obtenida fue del 100% y no se vió afectada por la inclusión de la harina de langostilla o por la presencia de óxido crómico en las dietas.

La digestibilidad aparente de proteínas (DAP) varió de 79.7 a 84.0% (Fig. 3), siendo significativamente mayor la encontrada con las dietas que contienen langostilla con respecto a la dieta control ($P << 0.05$). No se encontraron diferencias significativas entre las dietas (HL 5, 10 y 15), pero se notó un ligero aumento en la DAP conforme se aumentó el porcentaje de inclusión de harina de langostilla.

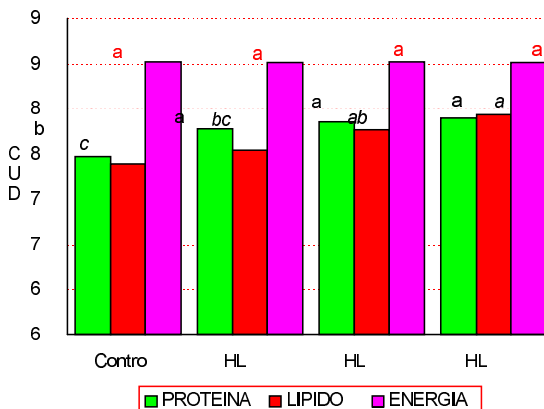


Figura 3. Efecto de la inclusión de harina de langostilla en la dieta sobre la digestibilidad aparente de las dietas experimentales para juveniles de *Penaeus vannamei* (Exp. 2)

La digestibilidad aparente de los lípidos (DAL) aumentó conforme se incrementó el nivel de inclusión de harina de langostilla en las dietas ($r = 0.844$). La DAL del alimento HL 15 fue significativamente superior ($P << 0.05$) a la de las dietas control y HL 5, y ligeramente mayor a la de la dieta HL 10.

La digestibilidad aparente de energía fue superior al 90% y no varió significativamente de un tratamiento al otro.

La actividad específica de proteasas varió de 13.37 a 21.89 Unidades / mg de proteína entre los alimentos control y el HL15 respectivamente (Figura 4). De manera general, las dietas con langostilla produjeron un incremento significativo ($P << 0.05$) de la actividad de las proteasas digestivas.

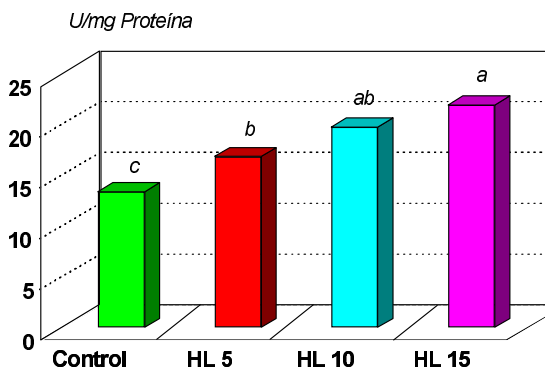


Figura 4. Efecto del nivel de inclusión de la langostilla sobre la actividad proteolítica del hepatopáncreas de juveniles de *Penaeus vannamei* (Experimento 1)

EXPERIMENTO 3. (TABLA 5 Y FIGURA 5)

La sobrevivencia de las poslarvas de *P. vannamei* obtenida al final de este ensayo de 45 días fue igual o superior a 90% con los diferentes tratamientos alimenticios. El peso final y la tasa de crecimiento promedio de los organismos incrementó significativamente ($P < 0.05$) y en relación directa con el porcentaje de inclusión de harina de langostilla en la dieta hasta un nivel de sustitución del 66% de la harina de pescado o pasta de soya. Al incrementar el porcentaje de sustitución de estos ingredientes de un 66% a un 100% con harina de langostilla, no aumentó sensiblemente el crecimiento de los organismos.

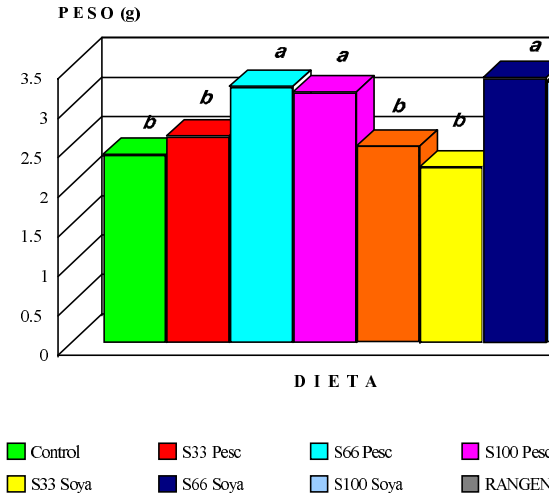


Figura 5. Efecto de la sustitución de harina de pescado, camarón o pasta de soya con harina de langostilla sobre el peso de juveniles de *Penaeus vannamei* a los 45 días de cultivo en laboratorio (Exp. 3)

Tabla 5. Efecto de la sustitución de las harinas de pescado, camarón o pasta de soya con harina de langostilla sobre postlarvas de *Penaeus vannamei* a los 45 días de cultivo en laboratorio (Experimento 3).

Dieta	Peso inicial (g)	Incremento en peso (g)	Tasa de crecimiento (g/d)	Sobrevivencia (%)	Mudas por dieta ¹	FCA ²
Control	0.091 ^a	2.301 ^b	0.051 ^b	97 ^a	69	1.71 ^{ab}
S33P	0.091 ^a	2.533 ^b	0.056 ^b	93 ^a	108	1.67 ^{ab}
S66P	0.091 ^a	3.155 ^a	0.070 ^a	93 ^a	133	1.36 ^{bc}
S100P	0.090 ^a	3.094 ^a	0.069 ^a	100 ^a	189	1.58 ^{abc}
S100C	0.090 ^a	2.408 ^b	0.054 ^b	100 ^a	102	1.79 ^a
S33S	0.091 ^a	2.143 ^b	0.048 ^b	90 ^a	85	1.64 ^{abc}
S66S	0.090 ^a	3.274 ^a	0.073 ^a	100 ^a	159	1.70 ^{ab}
S100S	0.091 ^a	3.216 ^a	0.071 ^a	97 ^a	189	1.70 ^{ab}
Rangen 40	0.091 ^a	2.382 ^b	0.053 ^b	97 ^a	144	1.27 ^c

* Los valores con la misma letra dentro de cada columna no difieren significativamente ($P > 0.05$)

¹ Total de mudas aparentes por tratamiento o dieta.

² Factor de conversión alimenticia aparente.

La dieta en la que se sustituyó totalmente la harina de camarón (S100C) con harina de langostilla permitió obtener un crecimiento similar al obtenido con las dietas control, S33P, S33S y el alimento comercial RANGEN 40.

El mayor número de mudas se observó en los acuarios donde se suministraron las dietas S100P y S100S (189 para cada dieta), mientras que la menor cantidad (69) correspondió a la dieta control. En este experimento se observó claramente que las mudas aumentaron conforme se incrementó el porcentaje de inclusión de harina de langostilla en las dietas.

El factor de conversión alimenticia aparente (FCA) obtenido con los tratamientos alimenticios fue inferior a 1.8 en todos los casos, siendo el más bajo el obtenido con la dieta comercial Rangen 40 (1.27), mientras que el más alto corresponde a la dieta S100C (1.79). No se observaron diferencias significativas en el FCA de las dietas donde se sustituyó la harina de pescado o la pasta de soja con respecto al alimento control.

EXPERIMENTO 4. (TABLA 6 Y FIGURA 6).

La sobrevivencia de las postlarvas de *P. californiensis* obtenida al final de este ensayo de 30 días fue igual o superior a 83% con los diferentes tratamientos alimenticios.

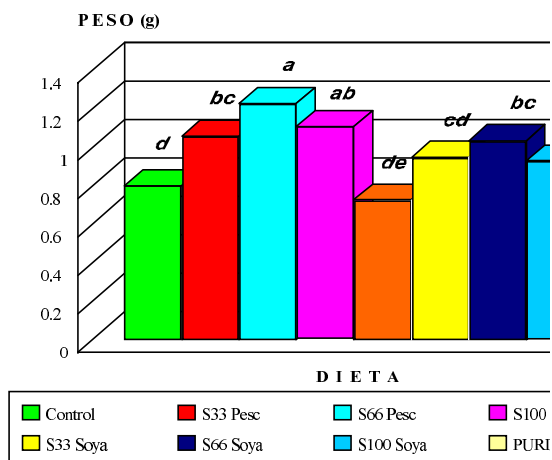


Figura 6. Efecto de la sustitución de harina de pescado, camarón o pasta de soja con harina de langostilla sobre el peso de juveniles de *Penaeus californiensis* a los 30 días de cultivo en laboratorio (Exp. 4)

Tabla 6. Efecto de la sustitución de las harinas de pescado, camarón o pasta de soya con harina de langostilla sobre postlarvas de *Penaeus californiensis* a los 30 días de cultivo en laboratorio (Experimento 4).

Dieta	Peso	Tasa de inicial (g) (g)	Sobrevivencia crecimiento (%) (%)	Mudas por dieta ¹	FCA 2
Control	0.054 ^a	1347 ^{bc}	87	16 ^{abc}	3.09 ^a
S33P	0.055 ^a	1830 ^{ab}	90	17 ^{abc}	2.56 ^a
S66P	0.054 ^a	2165 ^a	90	14 ^{abc}	2.66 ^a
S100P	0.054 ^a	1922 ^{ab}	90	25 ^a	2.83 ^a
S100C	0.054 ^a	1334 ^{bc}	90	10 ^{bc}	3.12 ^a
S33S	0.054 ^a	1598 ^{abc}	83	10 ^{bc}	3.17 ^a
S66S	0.055 ^a	1773 ^{ab}	83	21 ^{ab}	2.82 ^a
S100S	0.054 ^a	1540 ^{abc}	87	12 ^{bc}	3.47 ^a
PUR35	0.054 ^a	1370 ^{bc}	87	8 ^c	3.63 ^a
PUR40	0.055 ^a	1032 ^c	87	6 ^c	3.62 ^a

* Los valores con la misma letra dentro de cada columna no difieren significativamente ($P \gg 0.05$)

1 Total de mudas aparentes por tratamiento o dieta.

2 Factor de conversión alimenticia aparente.

El peso final promedio de los organismos incrementó en relación directa con el porcentaje de inclusión de harina de langostilla en la dieta hasta un nivel de sustitución del 66% de la harina de pescado o de la pasta de soya. Al aumentar el porcentaje de sustitución de estos ingredientes de un 66% a un 100% con harina de langostilla, no se mejoró el crecimiento de los organismos e inclusive se observó una ligera disminución, aunque no significativa ($P \gg 0.05$).

De manera general, las dietas donde se sustituyó la harina de pescado con harina de langostilla permitieron obtener mejores tasas de crecimiento en porcentaje, que aquellas donde se sustituyó la pasta de soya.

La dieta en la que se sustituyó totalmente la harina de camarón con harina de langostilla

permitió obtener un crecimiento similar al obtenido con las dietas control, S33S, S100S y los alimentos comerciales PURINA 35 y PURINA 40.

En este ensayo el número aparente de mudas varió de 6 a 25 con los alimentos PURINA 40 y S100P respectivamente y no se observaron diferencias significativas entre las dietas experimentales con langostilla y el alimento control.

El factor de conversión alimenticia aparente obtenido con los tratamientos alimenticios fue inferior a 3.5 en todos los casos, siendo el más bajo el obtenido con la dieta S33P (2.56), mientras que el más alto corresponde a la dieta S100S (3.47), sin embargo no se detectaron diferencias significativas entre las dietas.

DISCUSION

Al disminuir la cantidad harina de pescado y sustituirla con harina de langostilla en los alimentos del experimento 1, se observó un incremento en la tasa de crecimiento de los organismos, particularmente importante cuando se alcanzó el 15% de inclusión de harina de langostilla en la dieta. Estos resultados concuerdan con los reportados por Villarreal et al., (1991) para postlarvas y juveniles de *Penaeus californiensis*. Así mismo, Villarreal y Castro (1992) observaron una mejor tasa de crecimiento en *P. vannamei* al utilizar la dieta HL 10 del presente estudio, comparada contra el crecimiento obtenido con varios alimentos comerciales.

Por otra parte, Van Olst et al., (1976) trabajando con la langosta (*Homarus americanus*) obtuvieron excelentes crecimientos cuando los juveniles son alimentados con langostilla sola y cuando es utilizada como complemento de dietas comerciales.

Tomando en cuenta que la proteína es el principal nutriente utilizado por el camarón para la formación de tejidos durante su desarrollo (Tacon, 1990), y considerando las diferencias encontradas aquí en las tasas de crecimiento cuando se incluye langostilla, podemos suponer que ésta mejoró la calidad del aporte proteico de la dieta y que probablemente los demás nutrientes fueron utilizados como fuente de energía para los diversos procesos o funciones metabólicas involucrados en el desarrollo normal del camarón.

Los valores de digestibilidad aparente de proteína (DAP) explican en buena medida lo observado en el experimento 1 de crecimiento, pues demuestran que la presencia de langostilla en la dietas mejora la disponibilidad de la proteína, permitiendo un mejor crecimiento de los juveniles de *P. vannamei*. En otro estudio realizado en nuestro laboratorio, se encontró que efectivamente la DAP de la langostilla fue superior a la de la harina de desechos de atún (Ezquerro com. pers.). Esto confirma una mejor calidad nutricional de la proteína de la harina de langostilla con respecto a la de harina de pescado proveniente de desechos de atún, probablemente debida a un mejor balance de aminoácidos.

Varios autores han reportado la composición en aminoácidos de la langostilla (Gallardo, 1975; Spinelli et al., 1974), y ésta es muy similar a la de los peneidos. A pesar de que no se ha evaluado la disponibilidad de los aminoácidos de la langostilla para camarones en cultivo, es de

esperarse que ésta sea parecida a la encontrada para otras harinas de crustáceos, como la reportada por Akiyama et al. (1988) para la harina de camarón.

La harina de langostilla no solo es una fuente rica en proteína, sino que también tiene un aporte considerable de lípidos para el camarón, como lo demuestran los resultados de digestibilidad aparente de lípidos (DAL) obtenidos en este trabajo. Los lípidos sirven como vehículo de vitaminas liposolubles y proveen otros compuestos como esteroides y fosfolípidos, mismos que son esenciales para la función metabólica normal del camarón, permitiendo con esto un mejor aprovechamiento de las proteínas para la formación de tejidos (Tacon, 1990). Se sabe que los crustáceos utilizan generalmente bien las grasas como fuente de energía, aunque se ha reportado que un contenido de lípidos en la dieta mayor al 15%, produce un retardo en el crecimiento de *P. monodon* (Bautista, 1986). La langostilla tiene una composición de ácidos grasos poli-insaturados similar a la de otros crustáceos (Castro-González et al., 1995), aunque su disponibilidad para organismos acuáticos no ha sido aún estudiada.

Condrey et al. (1972) encontraron que *Penaeus setiferus* y *Penaeus aztecus* asimilaron mejor los lípidos de dietas naturales (86-99%) que cuando se trataba de dietas artificiales (75-78%). Generalmente la digestibilidad de lípidos es menor que la de las proteínas (Fenucci et al., 1982; Smith et al., 1983; Akiyama y Dominy, 1989). En nuestro caso los lípidos fueron igualmente bien asimilados que las proteínas, por lo que podemos inferir que los lípidos de la dietas son de buena calidad y que son eficientes como fuente de energía para el trabajo mecánico (actividad muscular), permitiendo así que la proteína fuera utilizada principalmente para el crecimiento (formación de nuevos tejidos).

La langostilla tiene un alto contenido de quitina (10.7%) como ha sido reportado por Gallardo (1975), por lo tanto, sabemos que al ir aumentando el porcentaje de inclusión langostilla en la dieta aumentamos también el contenido de quitina (poco digestible por el camarón), por lo que el contenido de carbohidratos digestibles debe ser menor y como consecuencia hay una disminución en el aporte de energía disponible para el animal. Sin embargo, al existir en la dieta fuentes de lípidos de buena calidad (langostilla, aceite de pescado y lecitina), estos fueron utilizados como fuente de energía. Los valores de DAE obtenidos nos indican que el camarón aprovechó la mayor parte de la energía aportada por el alimento, implicando que la composición química de los alimentos fue adecuada para los juveniles de *P. vannamei*. El hecho de que no se encontraran diferencias en los valores de DAE de las dietas, y al sí haberlas a nivel de los lípidos y la proteína, sugiere la idea de que los lípidos y la proteína sustituyeron, al menos parcialmente, a los carbohidratos como fuente de energía.

Respecto a las enzimas digestivas, observamos una tendencia a aumentar la actividad de proteasas conforme se incrementa la harina de langostilla en la dieta. Se desconocen hasta el momento las causas de esa respuesta aunque puede estar relacionada con la proporción y tipo de ingredientes de las dietas, así como con un aumento en el contenido de minerales en las dietas con langostilla. Es sabido que los minerales pueden actuar como activadores de las proteasas digestivas (Chun y Sun, 1993), sin embargo, el efecto de la langostilla debe interpretarse con cautela y requiere de mayor estudio, ya que no ha podido ser reproducido en otros experimentos

realizados en nuestro laboratorio.

El comportamiento de las proteasas digestivas pudo traducirse en una mayor digestibilidad de las proteínas, y por ende, en un mayor crecimiento de los juveniles de *P. vannamei*. Desafortunadamente, dicha hipótesis no puede ser comprobada con los resultados obtenidos en este trabajo.

Los resultados de los experimentos 3 y 4 demuestran que la langostilla es un buen sustituto parcial o total de las harinas de pescado, camarón o pasta de soya, ya que se obtuvieron sobrevivencias, crecimiento y factores de conversión alimenticia al menos similares respecto al alimento control, tanto en *P. vannamei* como en *P. californiensis*. En el caso de las sustituciones de la harina de atún entero o la pasta de soya, y dependiendo del nivel de inclusión de langostilla, se puede acelerar la frecuencia de muda y el crecimiento ponderal hasta llegar a un umbral (66% de sustitución), por arriba del cual en ambos casos se obtiene una buena sobrevivencia, pero ya no se incrementa el crecimiento.

Desde el punto de vista nutricional, la sustitución total de la harina de atún o de la pasta de soya con langostilla parece innecesaria, sin embargo la determinación del nivel óptimo de inclusión en la dieta estará en función de otros factores como la relación costo/beneficio, donde el factor de conversión alimenticia (FCA) juega un papel decisivo. Al respecto, la langostilla ha demostrado ser un ingrediente que, al menos bajo condiciones de cultivo experimental, permite obtener FCA's similares o ligeramente inferiores a los obtenidos con las dietas control evaluadas, lo que reafirma sus bondades.

Los diseños experimentales implementados en este trabajo nos permiten afirmar que la harina de langostilla es un ingrediente de alta calidad nutricional para camarones peneidos y nos han permitido tener evidencias de su papel como fuente de proteína. Sin embargo, para poder definir si el efecto benéfico observado sobre el crecimiento del camarón es debido a su aporte de proteína, de lípidos, algún otro factor o la combinación de ellos, será necesario fraccionar la langostilla en sus diversos componentes y evaluarlos por separado. De igual manera, se hace necesario estudiar la disponibilidad de los aminoácidos y los ácidos grasos a fin de conocer su verdadero valor nutricional.

Si bien la langostilla ha funcionado hasta el momento como un buen complemento alimenticio en dietas para crustáceos a nivel de bioensayos de laboratorio, por el momento se desconoce si su eficiencia será la misma a nivel de cultivos comerciales en granja. Actualmente ya se está llevando a cabo una prueba a nivel piloto en la cual se ha fabricado harina de langostilla en una harinera comercial y se está evaluando la factibilidad técnica y económica de su uso en dietas comerciales para camarón blanco en condiciones de cultivo intensivo y semi-intensivo.

Los resultados de dicha prueba piloto generarán la información necesaria para poder hacer una estimación realista del posible costo que la harina de langostilla tendrá cuando se implemente la pesquería a nivel comercial de éste abundante recurso mexicano.

CONCLUSION

Los resultados obtenidos en el presente trabajo comprueban que la harina de langostilla puede ser utilizada con éxito como fuente de proteína para *Penaeus vannamei* y *P. californiensis*.

Las dietas que contienen harina de langostilla tienen una mejor digestibilidad de proteína y de lípidos, permitiendo un mejor crecimiento de los juveniles de *Penaeus vannamei*.

La inclusión de la langostilla en dietas para camarón blanco provocó un incremento en la actividad proteolítica del hepatopáncreas, aunque se desconocen las causas del fenómeno.

La langostilla es un buen sustituto de las harinas de pescado, camarón o pasta de soya en alimentos para camarón, ya que permite obtener tasas de sobrevivencia, crecimiento y factores de conversión alimenticia similares a los obtenidos con diversas dietas de referencia. Además, dependiendo del nivel de inclusión en el alimento, tiene un marcado efecto benéfico sobre el crecimiento de *P. vannamei* y *P. californiensis*, bajo las condiciones experimentales ensayadas.

La sustitución del 66% de la proteína aportada por la harina de pescado o la pasta de soya con proteína de langostilla maximiza el crecimiento, mientras que la sustitución total es innecesaria desde el punto de vista nutricional.

Es preciso realizar más estudios para determinar la disponibilidad digestiva de los aminoácidos y los ácidos grasos contenidos en la langostilla, definir si el efecto benéfico observado sobre el crecimiento del camarón es debido a su aporte proteico, lipídico, algún otro factor o la combinación de ellos y determinar el nivel óptimo de inclusión de langostilla en el alimento, tomando en cuenta su eficiencia en dietas comerciales y la relación costo/beneficio.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Akiyama, D.M., Coelho, S.R., Lawrence, A.L. and Robinson, E.H., 1988. Apparent digestibility of feedstuffs by marine shrimp *Penaeus vannamei* Boone. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish* 55(1):91.
- Akiyama, D.M. and Dominy, W.G., 1989. Penaeid shrimp nutrition for the commercial feed industry. In: "Texas Shrimp farming Manual, Vol.1: Grow-out technology". Texas Agricultural Extension Service and Texas A&M University, Sea Grant College Program. 50p.
- A.O.A.C., 1990. *Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, 1230 p.
- Aurioles-Gamboa, D., Balart, E. F. y Castro-Aguirre, J.L., 1995. Recomendaciones para la explotación y aprovechamiento de la lagostilla. In: *La Langostilla: Biología, Ecología y Aprovechamiento*. Aurioles-Gamboa, D. y E. F. Balart (eds.), 1995 Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (221-233).

- Barlow, S., 1989. Fishmeal-World outlook to the year 2000. *Fish Farmer*, October 1989, 40-43.
- Bautista, M.N., 1986. The response on *Penaeus monodon* juveniles to varying protein/energy ratios in test diets. *Abstract Aquaculture*; Vol. 53, No. 3-4: 229-242.
- Carrillo-Dominguez, S., Pérez-Gil Romo, F., Avila-González, E. y Castro-González, Ma. I., 1995. La langostilla en la avicultura. In: *La Langostilla: Biología, Ecología y Aprovechamiento*. Auriolles-Gamboa, D. y E. F. Balart (eds.), 1995 Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (193-206).
- Casillas, R., Portillo, C., Magallón, F. Rocha, S. y Munguía, B. V., 1988. Utilización de la harina de langostilla *Pleuroncodes planipes* en la formulación de dietas para la engorda semi-intensiva de *Penaeus californiensis*. Resúmen en *Memorias del Séptimo Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica*, México, D.F.
- Castro-González, M.I., Carrillo-Dominguez, S., Pérez-Gil Romo, F. y Calvo-Carrillo, C., 1995. Composición química de la langostilla y procesos tecnológicos. In: *La Langostilla: Biología, Ecología y Aprovechamiento*. Auriolles-Gamboa, D. y E. F. Balart (eds.), 1995 Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (163-177).
- Civera-Cerecedo, R., Goytortúa-Bores, E., Rocha-Meza, S. y Greene-Yee, A., 1992. Utilization of red crab (*Pleuroncodes planipes*) meal as protein source for *Penaeus vannamei* juveniles. *Abstract Aquaculture'92*. Orlando, Flo. Mayo 21-25, 1992.
- Civera Roberto, H. Villarreal, F. Vega-Villasante, H. Nolasco, S. Rocha, E. Goytortúa, M. González and T. Camarillo, 1994. Digestive enzyme activity and growth of *Penaeus californiensis* fed diets containing red crab (*Pleuroncodes planipes*) meal as a protein source. *Conference World Aquaculture'94*. New Orleans, USA. 12-18 de Enero.
- Condrey-Richard, E., Gosselink-James, G., and Bennett-Harry, J., 1972. Comparison of the assimilation of different diet by *Penaeus setiferus* and *P. aztecus*. *Fishery Bulletin* Vol. 70: 1281-1292.
- Cruz-Suárez, L.E., Alonso-Martinez, G., and Ricque, D., 1990. Utilization of cricket meal (*Petophylla beltrani*) as a protein source for shrimp feeds. *The Crustacean Nutrition Newsletter*, Vol. 6. No.1 March 16. Editors: John D. Castell y Kenneth E. Corpron, 5-7.
- Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Martinez, J.A. and Wesche-Ebeling, P., 1993. Evaluation of two shrimp by-product meals as protein sources in diets for *Penaeus vannamei*. *Aquaculture*. 115 (1993) 53-62.

- Chun, C.L. and Sun, P.B., 1993. In-vitro digestibility simulating the proteolysis of feed protein in the midgut gland of grass shrimp (*P. monodon*). *Aquaculture*, 109: 59-70.
- Divakaran, S. and Ostrowski, A., 1990. Enzymes present in pancreatic extracts of the dolphin *Coryphaena hippurus*. *J. World Aquacult. Soc.* 21, 35-39.
- Ehrhardt, N.E. y Ramirez, P., 1982. Evaluación de los recursos demersales accesibles y redes de arrastre de fondo en la Península de Baja California, México durante 1979 y 1980. *INP. Serie Científica* 23:10-46.
- Fenucci, J.L., Casal de Fenucci, A., Lawrence, A.I. and Zein-Eldin, Z., 1982. The assimilation of protein and carbohydrate from prepared diets by the shrimp, *Penaeus stylirostris*. *J. World Mariculture*, Vol.13, 134-145.
- Gallardo, N. Y., 1975. Aprovechamiento integral de la "Langostilla" *Pleuroncodes planipes*. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. México, D.F. 127 p.
- García-Carreño, F.L., 1992. The digestive proteases of langostilla (*Pleuroncodes planipes*, Decapoda): Their partial characterization and the effect of feed on their composition. *Comp. Biochem. Physiol.* Vol. 103B, No. 3, pp. 575-578.
- García, T. y Jaime, B., 1990. Utilización de la harina de lombriz de tierra (*Eudrilus eugeniae*) en la alimentación de post-larvas del camarón blanco, *Penaeus shmitti*. *Revista de Investigaciones Marinas. Universidad de la Habana*. Vol. XI, No. 2, pp. 147-155.
- Goytortúa-Bores, E., 1993. Evaluación de la digestibilidad de dietas compuestas a base de harina de langostilla (*Pleuroncodes planipes*) y su efecto en el crecimiento en el camarón blanco (*Penaeus vannamei*). Tesis de licenciatura de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México. 112 p.
- Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Fars, A.L. and Randall, R.S., 1951. Protein measurement with the pholin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 193, 265-275.
- New, M.B., 1987. Feed and feeding of fish and shrimp. A manual of the preparation of compound feeds for shrimp and fish in aquaculture. *FAO.*, Rome, 275 p.
- Smith, L.L., Lee, P.G., Lawrence, A.L., and Strawn, K., 1983. Influence of Protein and Source on Growth and Assimilation Efficiency by *Penaeus vannamei* Boone. 1st. International Conference on Warm Water Aquaculture Crustacea. February 9-11, 1983. 459-470.
- Spinelli, J., Lehman, L. and Wieg, 1974. Composition, Processing and utilization of red crab (*Pleuroncodes planipes*) as an agricultural feed ingredient. *J. Fish. Res. Board Can.* 31:1025-1029.

- Spinelli, J. and Mahnken, C., 1978. Carotenoid deposition in pen-reared salmonids fed diets containing oil extracts of red crab (*Pleuroncodes planipes*). *Aquaculture* 13: 213-223.
- Tacon, G.J.A., 1990. Standard methods for the nutrition and feeding of farmed fish and shrimp. Argent Laboratories Press. Redmond, Washington, U.S.A. 454 p.
- Tacon, G.J.A., 1994. Feed ingredients for carnivorous fish species alternatives to fish meal and other fishery resources. FAO Fisheries Circular No. 881. Rome, FAO. 1994. 35 p.
- Teshima, S. and Kanazawa, A., 1983. Digestibility of dietary lipids in the prawn. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 49: 963-966.
- Tinsley, A.M., Soifer, N.L., Kern, J.M. and Weber, C.W., 1984. Housefly meal as a protein source for controlled environment aquaculture shrimp. *Nutrition Reports International*. Vol. 29 (2): 405-410.
- Van Olst, J.C., Ford, R.F., Carlberg, J.M. and Durban, W.R., 1976. Use of thermal effluent in culturing the american lobster. *Power Plant Heat Waste Utilization in Aquaculture-Workshop I*: 71-100.
- Villarreal, H., Rivera, M.C. and Millán, A., 1991. Effect of the substitution of shrimp meal, fish meal and soy meal for red crab (*Pleuroncodes planipes*) meal in the growth of post-larvae and juvenile *Penaeus californiensis*. *The Crustacean Nutrition Newsletter*, Vo. 6. No.1, March 16. Editors: John D. Castell & Kenneth E. Corpron, 9-19.
- Villarreal, H. and Castro, M.P., 1992. Preliminary studies on the effect of protein content on the growth of *Penaeus vannamei* at marine salinities. Abstract publicado en *Aquaculture'92*, Orlando, Flo. May 21-25, 1992.
- Villarreal, H., 1995. Utilización de la langostilla en la Acuicultura. In: *La Langostilla: Biología, Ecología y Aprovechamiento*. Aurióles-Gamboa, D. y E. F. Balart (eds.), 1995 Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (179-191).

EVALUACION DE LA LOMBRIZ DE TIERRA EUDRILUS EUGENIAE EN LA ALIMENTACION DE CAMARONES PENEIDOS.

Tsai Garcia¹, Elvira Alfonso¹ y Bárbaro Jaime.²

¹ Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de La Habana.

² Centro de Investigaciones Pesqueras, Ministerio de la Industria Pesquera.

RESUMEN

Se presentan los resultados alcanzados en la utilización de la lombriz de tierra *Eudrilus eugeniae* en la alimentación de *Penaeus schmitti* y *Penaeus notialis*. Bajo condiciones experimentales las protozoas de *P. notialis* presentaron mejores desarrollos cuando consumieron cultivos de algas fertilizadas con harina de lombriz de tierra, al compararse con las crecidas en el medio inorgánico Miquel-Matue. El empleo de dietas artificiales, en cuya composición se encuentra presente la harina de lombriz mejora los rendimientos de larvas y postlarvas de *P. schmitti*. Se compara mediante el cómputo químico y el índice de aminoácidos esenciales, el valor biológico de la proteína de *Eudrilus eugeniae* con otras fuentes empleadas en la alimentación del camarón. Su alta calidad proteica y los bajos costos de producción, hacen de esta especie un recurso potencial para ser incluida en las dietas para camarones.

INTRODUCCION

La búsqueda de nuevas fuentes proteicas para la alimentación de peces y crustáceos es un campo que cada día cobra mayor interés por el alto costo que ésta representa dentro de los gastos del cultivo. Las materias primas estudiadas han sido variadas, teniendo generalmente un posible empleo a escala local, debido a la disponibilidad del producto.

La lombricultura es una práctica que va cobrando importancia a nivel mundial por las amplias posibilidades que ofrece. El humus es considerado como uno de los mejores fertilizantes orgánicos que se conoce, además, la lombriz se utiliza como carnada viva en la pesca deportiva, en la elaboración de cosméticos, como eliminadora de desechos orgánicos o como alimento animal y humano (Catalán, 1980). Cuatro especies se cultivan comercialmente en el mundo: *Pheretima asiatica*, *Eisenia foetida*, *Lumbricus rubellus* y *Eudrilus eugeniae*. Esta última, nativa del oeste africano, se comienza a cultivar en Cuba en la década del 70, fundamentalmente para ser incluida en la dieta para aves.

El empleo de la lombriz como alimento acuícola fue investigado en truchas por Tacon et al. (1983) y Hilton (1983). Su valor como atrayente en dietas para camarones fue consignado por Murai et al. (1983). Posteriormente Pascual (1986), estudió el uso de tres anélidos como componentes de dietas para juveniles de *P. monodon*.

Dado el auge alcanzado en el cultivo de *Eudrilus eugeniae* en Cuba, por su sencillo manejo y bajo costo de producción, se inician investigaciones para su posible introducción como componente de alimentos para las diferentes fases del cultivo de camarón (Ramos et al., 1987, García et al., 1990) así como su empleo como fertilizante orgánico para la producción de algas unicelulares suministradas como alimento a las larvas (Alfonso y Nuñez, 1984).

En el presente trabajo se resumen las investigaciones desarrolladas en larvas y post-larvas de *Penaeus schmitti* y *P. notialis* con la lombriz de tierra *Eudrilus eugeniae*, con el objetivo de evaluar su utilización como alimento.

MATERIALES Y MÉTODOS

a) OBTENCION DE LOS CAMARONES

Las larvas de *P. notialis* fueron obtenidas a partir de desoves logrados de hembras ovigeras capturadas en arrastres comerciales en la Ensenada de la Broa, costa sur de La Habana. Los ejemplares de *P. schmitti* procedían de desoves de hembras maduras y copuladas en el laboratorio.

DISEÑO Y CONDICIONES EXPERIMENTALES

BIOENSAYO 1

Se ensayaron dos tratamientos donde se cultivó el alga *Tetraselmis chui* en dos medios diferentes: el medio inorgánico Miquel-Matue (Hudinaga, 1942) y la lombriz de tierra como fertilizante a razón de 200 mg/l. Nauplios V (NV) de *P. notialis* fueron situados en recipientes de 25 l de capacidad con tres réplicas por tratamiento, a una densidad larval de 150 NV/l. Las concentraciones del alga se ajustaron periódicamente a razón de 50 000 células/ml. Se determinó el desarrollo examinando a 60 ejemplares de cada recipiente experimental bajo un microscopio estereoscópico.

BIOENSAYO 2

Se realizó una cría larval de *P. schmitti* donde se evaluaron dos dietas microparticuladas. Cada tratamiento tuvo dos réplicas y se trabajó con tanques circulares de 1 tonelada de capacidad. La densidad inicial fue de 100 nauplios IV/litro. A partir del estadio de protozoa II se realizó una renovación de agua diaria de 50% en cada recipiente.

La alimentación con microalgas durante todo el período experimental consistió de *Chaetoceros gracilis* a partir de protozoa I que se ajustó dos veces por día a concentraciones de 40×10^6

células/ml y de Tetraselmis tetraathele que se comenzó a ofrecer desde Protozoa II a razón de 2×10^6 células/ml.

Los nauplios de Artemia se suministraron a partir de protozoa III, a una concentración de 0.3 n/ml, tres veces al día, incrementándose a 0.5 n/ml en mysis I-mysis II (MI-MII). Al pasar al estadio de MIII se adicionaron una vez al día a razón de 1 n/ml hasta llegar a 2n/ml en postlarva de cinco días de edad (PL5).

A partir de MI, se adicionó cuatro veces al día una dieta microparticulada hasta PL5 (Tabla 1).

Tabla 1. Ración diaria y diámetro de las partículas alimenticias.

MI-MII	MIII	PL ¹	PL ²	PL ³	PL ⁴	PL ⁵
4	6	6	7	10	12	12
50-90	90-150	90-150	90-150	150-250	150-250	150-250

Se determinó el índice de desarrollo (Villegas y Kanazawa, 1979) y al finalizar el bioensayo en PL₅, se midió el crecimiento y la sobrevivencia.

BIOENSAYO 3

Se realizó un diseño completamente aleatorio donde se evaluaron siete dietas balanceadas. Se sembraron 2 PL5 /l en recipientes plásticos circulares de 50 l de capacidad, con aireación constante. Diariamente se intercambiaba el 50% del agua y se eliminaron los restos de heces y alimento.

Las postlarvas de *P. schmitti* fueron alimentadas tres veces al día, con una ración diaria del 150% del peso inicial, la cual fue disminuyendo semanalmente hasta un 90% en los 30 días del bioensayo. El diámetro de la partícula alimenticia se suministró de acuerdo a García y Phillip (1987) y Jaime y García (1990).

Al finalizar el bioensayo se registró el crecimiento en largo y peso y la sobrevivencia de los ejemplares.

Los parámetros ambientales como temperatura y salinidad fueron controlados durante el desarrollo de los tres bioensayos.

FORMULACION DELALIMENTO BALANCEADO

Se prepararon dos dietas microparticuladas para el bioensayo 2 (Tabla 2) y siete dietas donde se reemplazó parcial o totalmente la harina de pescado por harina de lombriz (Tabla 3) (Bioensayo 3).

Tabla 2. Composición de las dietas para larvas (Bioensayo 2).

INGREDIENTES	A (%)	B (%)
Harina de pescado	30	27
Harina de camarón	17	15
Harina de soya	17	10
Harina de lombriz	15	15
Harina de calamar	0	15
Aceite de girasol	2	2
Aceite de hígado de bacalao	5	2
Vitaminas y minerales*	6.5	6.5
Colesterol	0.5	0.5
Fosfato dicálcico	2	2
Carboximetil celulosa	5	5
Proteína determinada	45	47

*Premezcla BASF

Tabla 3. Composición de las dietas para postlarvas (Bioensayo 3).

Ingredientes	Niveles de inclusión (%)						Control
	A	B	C	D	E	F	
Harina de lombriz	5	10	15	20	25	30	0
Harina de pescado	25	20	15	10	5	0	30
Harina de carne	28	28	28	28	28	28	28
Harina de girasol	4	4	4	4	4	4	4
Harina de soya	13	13	13	13	13	13	13
Levadura torula	10	10	10	10	10	10	10
Aceite de girasol	2	2	2	2	2	2	2
Aceite de hígado de bacalao	2	2	2	2	2	2	2
Vitaminas y minerales*	5	5	5	5	5	5	5
Vitamina C	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Colesterol	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Carboximetil celulosa	5	5	5	5	5	5	5
Proteína determinada	35	35	36	37	37	38	37

* Premezcla BASF.

El alimento balanceado fue confeccionado según García (1993). El análisis proximal de las dietas y de la harina de lombriz fue realizado siguiendo los métodos de la A.O.A.C. (1980) (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis proximal de la harina de Eudrilus eugeniae.

COMPONENTES	(%)
Proteína bruta	61.00
Lípidos totales	8.81
Fibra	10.10
Cenizas	8.00
Humedad	8.43

a) ANALISIS ESTADISTICO

Los crecimientos de las PL5 fueron comparados mediante una prueba T-student. Se realizó un análisis de varianza de una vía y una prueba de rangos múltiples de Duncan para determinar las diferencias significativas ($p < 0.05$) en los largos y pesos de las PL35.

Los datos de sobrevivencia en los bioensayos 2 y 3 se analizaron mediante una prueba de chi-cuadrado.

b) EVALUACION DEL COMPUTO QUIMICO Y DEL INDICE DE AMINOACIDOS ESENCIALES

Se evaluó el Cómputo Químico (Mitchell y Bloch, 1946) y el Índice de Aminoácidos Esenciales (Oser, 1951) de las dietas empleadas en la alimentación larval y de diferentes ingredientes, utilizándose la composición aminoacídica del músculo de la cola de las post-larvas de *P. schmitti* como proteína de referencia (Gallardo et al., 1989).

RESULTADOS

BIOENSAYO 1.

Las protozoas tuvieron un desarrollo diferente en los dos tratamientos ensayados. Las larvas alimentadas con el alga *Tetraselmis chui* cultivada con harina de lombriz aceleraron su desarrollo y a las 52 horas todas se encontraban en el estadio de PII (Tabla 5). A las 76 horas de iniciado el bioensayo, los camarones que consumieron el alga crecida en el medio Miquel-Matue, no habían alcanzado el estadio de PIII.

Tabla 5. Desarrollo de las protozoas de *P. notialis*.

Medio de cultivo de Tetraselmis chuii	Tiempo* (horas)	PI	PII	PIII
Miquel-Matue	28	100%	—	—
Harina de lombriz		100%	—	—
Miquel-Matue	52	55%	45 %	—
Harina de lombriz		0%	100%	—
Miquel-Matue	76	34%	66%	0%
Harina de lombriz		0%	89%	11%

* El tiempo está referido a las horas transcurridas desde que las larvas sufrieron la metamorfosis de nauplio a protozoa.

Los promedios de temperatura a las 0700 y 1800 horas, fueron de $26.7 + 0.6$ o C y $26.9 + 0.5$ o C, respectivamente. La salinidad fue de $35.5 + 0.5$ 0/00.

BIOENSAYO 2.

El índice de desarrollo no presentó diferencias en el transcurso del bioensayo, mostrando ligeras variaciones en PIII y MII, donde las larvas que carecían de harina de calamar en la dieta tuvieron un ligero adelanto en el desarrollo (Fig.1). El crecimiento y la sobrevivencia de las PL5 tampoco mostraron diferencias significativas ($p >> 0.05$) (Tabla 6).

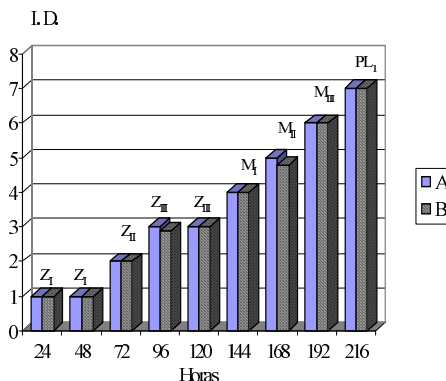


Figura 1. Índice de desarrollo larval de *Penaeus schmitti*.

Tabla 6. Largos finales (+ D.E.) y sobrevivencia en PL 5 de *P. schmitti*. (Bioensayo 2)

Tratamientos	Largos (mm)	Sobrevivencia (%)
A	6.11 + 0.32	71
B	6.08 + 0.25	76

Al analizar el C.Q. de las dos dietas se observa que la histidina o la arginina son el 1ro. o 2do. aminoácido limitante. Los valores del I.A.A.E. fueron muy similares en los dos tratamientos (90 y 89) (Figura 2).

Los promedios de temperatura a las 0900 y 1800 horas fueron de $27.2 + 1.30$ C y $29 + 1^{\circ}$ C, respectivamente. La salinidad fue de $35.8 + 0.4$ 0/00.

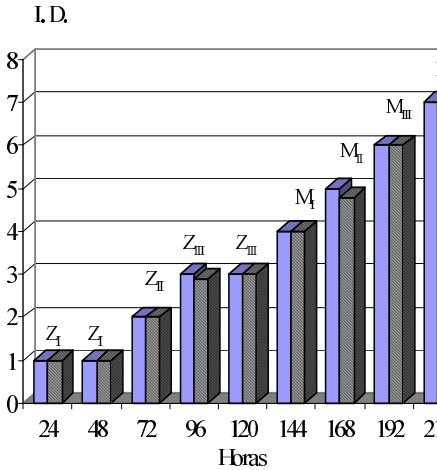


Figura 2. Cómputo Químico de las dietas para larvas.

BIOENSAYO 3

A medida que se incrementa la sustitución de la harina de pescado por la harina de lombriz, los crecimientos tienden a aumentar significativamente ($p < 0.05$). Solamente en el tratamiento con 5% de harina de lombriz, las postlarvas obtuvieron pesos semejantes al control, donde no se adicionó este ingrediente, sin embargo, aún a este nivel, los largos eran estadísticamente diferentes. (Figura 3).

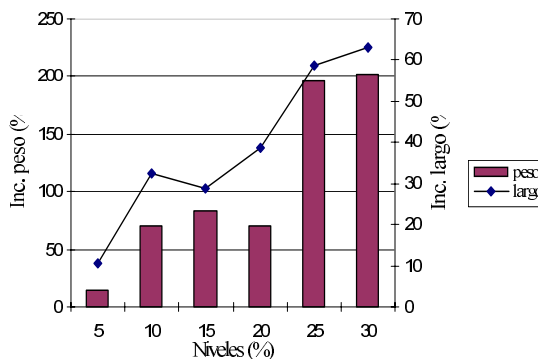


Figura 3. Incrementos con relación a la dieta patrón. Postlarvas de *P. schmitti*.

La sobrevivencia más elevada se alcanza con un 25% de harina de lombriz (93%). El efecto de la dieta no es tan marcado en este parámetro como en el crecimiento, alcanzando altos valores (>>75%), en todos los tratamientos.

Los promedios de temperatura a las 0800 y 1800 horas fueron de 26.1 ± 0.8 o C y 27.6 ± 0.5 o C. La salinidad fue de 36.3 ± 0.5 0/00.

COMPUTO QUIMICO E INDICE DE AMINOACIDOS ESENCIALES

Al comparar el C.Q. y el I.A.A.E. de la harina de lombriz con otras fuentes proteicas de alto valor biológico empleadas comúnmente en la elaboración de piensos para camarón, se observa que la lombriz es rica en arginina e histidina, aminoácidos deficientes en la mayoría de las harinas. Así mismo, es deficiente en treonina, el cual es abundante en la harina de pescado, calamar y camarón, existiendo una complementación al incluirla en la dieta. El valor más elevado del I.A.A.E. lo presenta la harina de lombriz con 94 (Tabla 7).

Tabla 7. Cómputo Químico e Índice de Aminoácidos Esenciales de diferentes harinas.

A.A.E.	Lombriz ¹	Camarón ²	Cabeza de Camarón ²	Calamar ²	Pescado ²
Arginina	90	77	76	80**	62**
Metionina	124	124	64*	109	144
Treonina	86**	154	141	167	129
Isoleucina	121	75**	131	102	86
Leucina	109	104	85	96	87
Lisina	73*	75**	105	90	83
Valina	156	96	138	88	105
Histidina	102	63*	68**	63*	54*
Fenil-alanina	155	106	100	119	88
I.A.A.E.	94	86	87	90	83

* 1er. aminoácido limitante; ** 2do. aminoácido limitante; Composición aminoacídica: 1 García y Jaime (1990); 2 Tacon (1989)

DISCUSION

Las protozoas que ingirieron algas fertilizadas con harina de lombriz, aceleraron el desarrollo con respecto a las alimentadas con *Tetraselmis* crecida en el medio inorgánico Miquel-Matue. Esto puede ser debido no solamente a que el alga tenga un mayor valor nutricional, sino también a la posibilidad de que las larvas filtren las partículas de harina suspendidas en el agua y ésta contribuya de forma directa a su alimentación.

Las proteínas de origen marino han sido ampliamente usadas en la alimentación larval por su alto valor biológico y por tener un efecto promotor del crecimiento tal como señalaron Cruz-Ricque y Guillaume (1987) para la harina de calamar. Sin embargo, éstas son escasas, caras y altamente variables en calidad (Chamberlain, 1995).

La sustitución total de la harina de calamar por lombriz de tierra, en las dietas para larvas, no afecta su desarrollo, crecimiento ni sobrevivencia. Esto también es factible con la harina de pescado, donde a medida que se sustituye por harina de lombriz, se incrementa el crecimiento de las postlarvas hasta alcanzar los mayores valores con 25 y 30% de inclusión.

La harina de *E. eugeniae* tiene una composición aminoacídica muy cercana a la del músculo de la cola de *P. schmitti*, lo cual se observa en los valores obtenidos del C.Q. y del I.A.A.E. Estos métodos de evaluación proteica, permiten de una forma sencilla y preliminar, evaluar la

calidad de una dieta o ingrediente y han sido empleados por diversos autores (Gallardo et al., 1989, Peñaflores, 1989, Gaxiola et al., 1996). Al comparar la harina de lombriz con otras de origen marino, se observa que complementa a éstas en algunos aminoácidos como son: la arginina y la histidina, deficientes en las harinas de camarón, calamar y pescado.

Los mejores resultados alcanzados con la lombriz de tierra, también pueden ser explicados por el valor más elevado del I.A.A.E. (94). Según Oser (1959), ingredientes o dietas con valores mayores a 90 se consideran de alta calidad, mientras que una puntuación menor (80 o 70), se clasifican como útil o inadecuada, respectivamente.

Otro aspecto que hace atractivo el empleo de la lombriz en la camaricultura, es su fácil manejo y bajo costo de producción (Reinés, com. pers.). Las lombrices pueden degradar una cantidad de materia orgánica hasta el doble de su peso diario, lo que hace que este novedoso recurso permita el reciclaje de los excedentes orgánicos biodegradables, por lo que su cultivo podría tener también un gran interés en otros sectores de la economía y en la recuperación del equilibrio ecológico y el mejoramiento de la salud de la población y de esta forma aprovechar todas las posibilidades que ese cultivo ofrece.

CONCLUSIONES

- El alga *Tetraselmis chuii* fertilizada con harina de lombriz acelera el desarrollo de las protozoas de *P. notialis* al compararse con la misma especie criada en el medio inorgánico Miquel-Matue.
- Es posible sustituir totalmente del alimento microparticulado la harina de calamar por harina de lombriz, sin afectar el desarrollo, crecimiento y sobrevivencia de las larvas de *P. schmitti*.
- La sustitución de harina de pescado por harina de lombriz en la dieta mejora el crecimiento de las postlarvas de *P. schmitti*.
- El alto valor biológico de la proteína de *Eudrilus eugeniae*, así como su fácil manejo y bajo costo de producción, hacen que este recurso sea atractivo para ser empleado en la camaricultura.

LITERATURA CITADA

- Alfonso, E. y C. Nuñez (1984). Efecto de la harina de lombriz de tierra sobre el crecimiento y desarrollo de protozoas de camarón en cultivo. *Rev. Inv. Mar.* 5(3): 99-105.
- Association of Agricultural Chemist (A.O.A.C.) (1980). *Official Methods of Analysis*. Thirteenth edition. Editor: William Horowitz, Washington, pp: 14-15, 125-142.

- Catalan, G. I. (1980). Earthworm raising. A gold mine. Tesoro y Sons, Davao City, Philippines. 81 pp.
- Chamberlain, G. W. (1995). Frontiers in shrimp nutrition research. En: C. L. Browdy y J. S. Hopkins, editors. Swimming throughs troubled water. Proceedings of the special session on shrimp farming, Aquaculture 95, World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, U.S.A.
- Cruz-Ricque, L. E. and J. Guillaume (1987). Squid protein effect on growth of four penaeid shrimp. *J. World Aquaculture Society* 18(4): 209-217.
- Gallardo, N., R. González, O. Carrillo, O. Valdés y A. Forrellat (1989). Una aproximación a los requerimientos de aminoácidos esenciales de *Penaeus schmitti*. *Rev. Inv. Mar.* 10(3): 259-268.
- García, T. (1993). Alimentación con dietas peletizadas. En: Alfonso, E., L. Ramos, E. Díaz, T. García y C. Rosas. Manual del II curso internacional de producción de postlarvas de camarones penaeidos del Atlántico de América, Campeche, México, 132 pp.
- García, T. y P. Phillip (1987). Efecto de la ración diaria y del tamaño de las partículas del alimento en el crecimiento y la sobrevivencia de las postlarvas del camarón blanco *Penaeus schmitti*. I Congreso de Ciencias del Mar, La Habana.
- Gaxiola, G., T. García, B. Jaime y R. González (1996). Evaluación de diferentes razones de proteína animal/vegetal en dietas para postlarvas de camarón blanco *Penaeus schmitti* (Burkenroad, 1936). *Rev. Inv. Mar.* 17(1): 73-84.
- Hilton, J. W. (1983). Potential of freeze-dried worm meal as a replacement for fish meal in trout diet formulations. *Aquaculture*, 32(3,4): 227-284.
- Hudinaga, M. (1942). Reproduction, development and rearing of *Penaeus japonicus* Bate. *Japan J. Zool.*, 10(2): 811-832.
- Jaime, B. y T. García (1990). Influencia del tamaño del alimento en el crecimiento y sobrevivencia de las postlarvas avanzadas del camarón blanco *Penaeus schmitti*. *Rev. Inv. Mar.* 11(1): 71-76.
- Mitchell, H. H. and R. J. Block (1946). Some relationships between the aminoacid contents of protein and their nutritive values for the rat. *Div. An. Nut.*, pp: 599-620.
- Murai, T., A. Sumalangcay, Jr. and F. Pascual (1983). Supplement of various attractants to a practical diet for juvenile *Penaeus monodon* Fabricius. *Fish. Res. J. Phillip.*, 8(2): 61-67.

- Oser, B. L. (1959). Protein and amino acid nutrition. Editor: A. Albanese, Academic Press, N. Y., pp: 281-295.
- Pascual, F. (1986). An evaluation of three annelids as feed ingredients in formulated diets for juvenile *Penaeus monodon*. Fish. Res. J. Phillip.
- Peñaflorida, V. (1989). An evaluation of indigenous protein sources as protein potential component in the diet formulation for tiger prawn *Penaeus monodon* using essential amino acid index (EAAI). Aquaculture 83: 319-330.
- Tacon, A. (1989). Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados. Manual de Capacitación. Proyecto Aquila II. Documento de Campo No. 4, FAO. 572 pp.
- Tacon, A. G. J., E. A. Stafford and C. A. Edwards (1983). A preliminary investigations of the nutritive value of three terrestrial lumbricid worms for rainbow trout. Aquaculture, 35(3): 187-200.
- Villegas, C. and A. Kanazawa (1979). Relationship between diet composition and growth of the zoal and mysis stages of *Penaeus japonicus* Bate. Fish. Res. J. Philipp., 4: 32-40.