

Empleo del Polvo de *Spirulina Platensis* en la Alimentación de Zoeas y Mysis de *Litopenaeus Schmitti* (Perez-Farfante y Kensley, 1997)

Barbarito Jaime-Ceballos¹, Humberto Villarreal-Colmenares³, Tsai García-Galano², Roberto Civera-Cerecedo³ y Gabriela Gaxiola-Cortes⁴

¹ Centro de Investigaciones Pesqueras, Cuba; ² Centro de Investigaciones Marinas, Cuba; ³ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, B.C.S., México. ⁴ Universidad Autónoma de México.

¹ 5ta Ave. y 246, Sta. Fé, Playa, Ciudad Habana, Cuba.

Mail to: bjaime@cip.telemar.cu y bjaime04@cibnor.mx

Palabras clave: *alimentación, larvas, Litopenaeus schmitti.*

Introducción

En los laboratorios de producción de postlarvas de camarón se suministra, en los estadios de protozoa y mysis, alimento vivo para garantizar buenos resultados en el cultivo sin embargo, el empleo de alimentos artificiales posibilita reducir la costosa dependencia de las algas y los quistes de *Artemia* (Wouters *et al.*, 2004). Aunque los resultados alcanzados con diferentes dietas artificiales en el cultivo larval son satisfactorios, aún existe gran preferencia por la utilización del alimento vivo. Sin embargo, en los últimos años con vistas a disminuir los costos de producción, la contaminación y agilizar el proceso productivo, diferentes empresas se han dado a la producción de alimentos artificiales para sustituir parcial (Fegan, 1992) o totalmente el alimento natural (Kurmary, *et.al.*; 1989; Avale y Rothius, 1991; Ottogalli, 1991; Baert *et.al.*, 1995; Narciso, 1995, Sunilkumar, 1996; Gaxiola, *et al.*, 2002).

Las microalgas del género *Spirulina* son fuentes de alto nivel proteico, ricas en vitaminas, aminoácidos esenciales, minerales, ácidos grasos esenciales (ácido gamma - linolénico), y pigmentos antioxidantes como los carotenoides (Belay *et al.*, 1996). Además de poseer un alto valor nutricional presentan función inmunomoduladora y efectividad probada en la protección de la radiación (Takeuchi *et al.*, 2002). Chow y Woo (1990) y Watanabe *et al.* (1990) han desarrollado estudios con buenos resultados con el fin de utilizar la microalga *Spirulina* en la alimentación de especies acuáticas.

En Cuba se produce de forma comercial el polvo de la microalga *Spirulina platensis* el cual posee características físicas y nutricionales óptimas para su utilización como alimento para cualquiera de las fases del cultivo de organismos acuáticos.

El objetivo de este trabajo fue mejorar la eficiencia en el cultivo, a través de la inclusión de un recurso nacional, en el esquema de alimentación de larvas de *Litopenaeus schmitti*.

Materiales y Métodos

Se realizaron dos diseños experimentales totalmente al azar en el Laboratorio de Producción de “semilla” YAGUACAM, Provincia Cienfuegos, Cuba. En el primero se ensayaron diferentes niveles de sustitución de alimento vivo fitoplanctónico (*Chaetoceros muelleri*) por polvo de *Spirulina* sp. en 5 tratamientos (Tabla 1) con 3 replicas cada uno. Las raciones se comenzaron a aplicar a partir de la observación de nauplios en subestadio V avanzados. Para la sustitución de alimento vivo por el polvo de la microalga *Spirulina platensis* se determinó el peso seco de *Ch. muelleri*, y se sustituyó la cantidad establecida en cada tratamiento.

Los nauplios fueron sembrados en tanques de fibras de vidrio cilíndricos y fondo cónico, con 50 L de agua de mar, a una densidad inicial de 150 nauplios V / L, suministrándose aireación constante a través de piedras difusoras, para asegurar concentraciones de oxígeno disuelto en el orden de 5 mg/L y sometidos a iluminación artificial durante 24 horas diarias, con luz fluorescente situada a 0.4 m de la superficie de los tanques, el ensayo abarcó desde el estadio de protozoa I (P₁) a mysis I (M₁).

A partir de protozoa I, antes de suministrar la primera dosis de alimento del día y después de tomar las muestras de larvas se realizó el intercambio de agua entre un 20 - 50% del volumen total de los tanques.

Tabla 1. Concentración de los diferentes alimentos según el tratamiento aplicado

Tratamiento	Alimentos	Concentración
I	100 % de <i>Ch. muelleri</i>	40 000 cel.ml ⁻¹
II	75 % de <i>Ch.</i> + 25 % de polvo de Spirulina	30 000 cel.ml ⁻¹ +5µgmL ⁻¹
III	50 % de <i>Ch. muelleri</i> + 50 % de polvo de Spirulina	20 000 cel.ml ⁻¹ +10µgmL ⁻¹
IV	25 % de <i>Ch. muelleri</i> + 75 % de polvo de Spirulina	10 000 cel.ml ⁻¹ +15µgmL ⁻¹
V	100 % de polvo de Spirulina	20 µgmL ⁻¹

Se añadió y verificó en cada tratamiento y durante todo el período de la etapa experimental *Ch. muelleri* en las concentraciones indicadas a las 8:00 y 16:00 y 24 h de cada día y polvo de las microalgas tres veces al día (08:00; 16:00 y 24:00 h). En los tratamientos donde se alimentó con *Spirulina* sp. solamente, se comenzó a suministrar al observarse nauplios en subestadio V avanzado, cada 4 h (04:00; 08:00; 12:00; 16:00; 20:00 y 24:00 h).

En el segundo ensayo la microalga *Spirulina* sp. fue utilizada como aditivo, en un alimento microparticulado para la especie evaluando 5 tratamientos (Tabla 2) con 3 replicas, donde se sustituyeron total y parcialmente las raciones de nauplios de *Artemia* por el alimento seco.

Tabla 2. Tipo de alimento, ración y frecuencia de alimentación en el segundo ensayo

Tratamientos	Horas de alimentación											
	AM						PM					
	2	4	6	8	10	12	2	4	6	8	10	12
1	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
2	A	M	A	A	A	M	A	A	A	M	A	A
3	A	M	A	M	A	M	A	M	A	M	A	M
4	M	A	M	M	M	A	M	M	M	A	M	M
5	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M

A – Nauplios de Artemia (2 nauplios/ml)
M – Alimento microparticulado (1g/m³)

Para el análisis de los resultados de ambos ensayos, fueron considerados el crecimiento, la supervivencia, la velocidad de metamorfosis y el cómputo químico.

Obtención y características de los alimentos utilizados.

Microalga viva

El cultivo de la microalga se realizó en el área de producción de alimento vivo del laboratorio, logrado en cultivo monoalgal, mediante aumento progresivo de volumen. Los inóculos utilizados para alimentar fueron extraídos de tanques de 80 l, con 3 - 4 días de cultivo en dichos recipientes, mientras se encontraban en la fase exponencial de crecimiento, ubicados en un área techada con tejas traslúcidas, a temperatura ambiente, iluminación natural y 35 psu de salinidad, empleándose fertilización inorgánica para su crecimiento.

Se tomó una muestra del cultivo de *Ch muelleri*, se concentró por centrifugación y se liofilizó para determinar su composición proximal en peso seco. (Tabla 3)

Tabla 3. Composición proximal del liofilizado de *Ch. muelleri*.

Proteína total (%)	43.11
Lípidos totales (%)	21.48
Ceniza (%)	18.33
Extracto Libre de Nitrógeno (%)	17.07

Microalgas secas y microparticulado

Spirulina platensis fue suministrada por la Empresa de Producción y Comercialización de Microalgas y sus derivados GENIX, cuya composición bromatológica se presenta en la Tabla 4. Esta especie fue cultivada en la provincia de Matanzas, Cuba, empleando el medio de cultivo “Zarrouk”, (Zarrouk, 1966), concentrada a través de filtrado mecánico mediante mallas y por gravedad, posteriormente secadas en bandejas a 70°C.

Tabla 4. Composición proximal (expresada en %) de *Spirulina* sp.

Proteína	60-70
Lípidos	5 - 7
Extracto Libre de Nitrógeno	10
Humedad	5 - 9
Ceniza	12.2
Fibra bruta	9.3

La formulación del alimento microparticulado para el ensayo con larvas en la etapa de mysis se muestra en la Tabla 5 y su composición proximal en la Tabla 6.

Tabla 5. Fórmula del alimento microparticulado elaborado en el laboratorio

INGREDIENTES	%
Harina de pescado	30,0
Pasta de soya	13,0
Harina de camarón entero	15,0
Harina de calamar	16,0
Polvo de spirulina	5,0
Aceite de girasol	5,56
Aceite de hígado de tiburón	5,65
Premezcla de vitaminas ^(*)	2,0
Premezcla de minerales ^(*)	0,5
Vitamina c	0,5
Colesterol	0,5
Lecitina de soya	1,0
Cloruro de colina	0,2
Aglutinante (grenetina)	5,0
Total	100,0

^(*)La composición de las premezclas de vitaminas y minerales fue tomada de Davis y Arnold (2000).

Tabla 6. Composición proximal del alimento microparticulado.

Proteína bruta (%)	57.00 ±0.30
Lípidos totales (%)	13.53 ±0.04
Humedad (%)	5.28 ±0.05
Ceniza (%)	9.83±0.06
Fibra cruda (%)	2.55± 0.02
Extracto Libre de Nitrógeno (%)	17.05
Energía (cal/ g)	4935.65± 5.23

Ajuste del alimento

Diariamente se realizaban observaciones a través de un microscopio estereoscópico (OLYMPUS VM, Japón, 1x-4x) para determinar el residuo del alimento vivo, utilizando un hematocitómetro de Neubauer, ajustando éste según la fórmula tomada de Alfonso *et al.*, (1988):

Manejo del alimento seco

El polvo de la microalga seca fue macerado con mortero para disminuir el tamaño de las partículas y posteriormente pasadas por un tamiz de 30 µm, logrando un rango de tamaños de partículas entre 7 y 30 µm.

El alimento seco de ambos experimentos fue almacenado en un refrigerador doméstico (10°C), y pesado en una balanza analítica con 0.01 g de precisión, momentos antes de ser suministrado a las larvas era hidratado, agitándolo durante 30 segundos aproximadamente y pasado a través de una malla de plancton para separar las partículas y evitar la formación de grumos en el agua de los acuatorios y el peletizado fue pasado por tamices para obtener tamaños de partículas entre 100 y 200 µm.

Los quistes de *Artemia* (INVE, Utah, USA) fueron incubados durante 24 horas con una iluminación continua y se les suministró una aireación vigorosa desde el fondo mediante el

empleo de piedras difusoras, la temperatura osciló entre 27 y 28° C y la salinidad permaneció en 35 ups.

Manejo de los experimentos

En los dos ensayos se registraron los parámetros físico – químicos del agua: temperatura (°C), pH, salinidad (psu), y oxígeno disuelto (mg/L). Diariamente fueron realizadas observaciones microscópicas de las larvas para apreciar la motilidad, respuesta a la luz y determinar el subestadio de desarrollo, inspeccionándoles el tracto digestivo con el objetivo de saber si consumían el alimento suministrado.

El crecimiento de las larvas se determinó al final del experimento mediante mediciones microscópicas de 30 ejemplares de cada tanque, promediándose los tamaños de cada tratamiento de alimentación. Las mediciones para las PII y PIII, desde el extremo anterior del rostrum hasta el final de la furca excluyendo las espinas y para las mysis y las postlarvas desde el extremo anterior del rostrum hasta el extremo posterior del telson.

Como control de la supervivencia, se realizaron conteos diarios en horas de la mañana mediante el método volumétrico, tomando 8 muestras por tanque de 100 ml cada una y para el cálculo de la supervivencia se consideró desde el estimado inicial de las larvas sembradas, hasta que se concluyó el experimento con la aparición de las primeras mysis, o las primeras postlarvas según fuera el caso, cuantificadas por 16 muestreos y se calculó el porcentaje de su representatividad. Para la determinación del desarrollo de las larvas de cada tratamiento, se procedió al análisis de 100 ejemplares de cada tanque al microscopio estereoscopio y se aplicó el Índice de desarrollo de Villegas y Kanazawa (1979):

$ID = \sum A/N$ donde:

A: valor absoluto asignado x número de larvas examinadas en cada subestadio, siendo los valores PI=1; PII=2; PIII=3 y MI=4; MII=5, MIII=6; PL1=7

N: Total de larvas examinadas en cada muestreo.

Se determinó el cómputo químico (Mitchell y Block, 1946) a los alimentos utilizados, tomando como referencia la composición aminoacídica de las postlarvas de *Litopenaeus schmitti*, reportado por Gallardo *et al.*, (1989).

Los datos del crecimiento y los valores del Índice de desarrollo fueron sometidos a un ANOVA de clasificación simple, previo chequeo de la normalidad de los datos (Test de Kolmogorov-Smirnov) y la homogeneidad de varianza (Test de Bartlett) , las medias se compararon mediante la prueba de rangos múltiples de Duncan, y se trabajó con una probabilidad de $\alpha = 0.05$ (Sigarroa, 1985).

Para comparar los porcentajes de supervivencia entre los tratamientos se aplicó la prueba de χ^2 (Lerch, 1977).

Resultados y Discusión

Bioensayo 1.

Los valores de las variables ambientales registradas se comportaron como se ilustra en la Tabla 7, manteniéndose éstos dentro de los rangos recomendados para la especie en esta fase del cultivo, los que coinciden con lo informado por Vega y de la Cruz (1988) para *Litopenaeus schmitti* en cautiverio.

Tabla 7. Variables abióticos registrados

VARIABLES	Máximo	Mínimo
Temperatura (°C)	29	28
pH	8.3	8.2
Salinidad (psu)		35
Oxígeno disuelto (mg/L)	7.5	7.0

En la Tabla 8 se presentan las tallas promedio, el Índice de desarrollo y el porcentaje de supervivencia de las larvas al final de la experiencia, solo se aprecia una disminución significativa ($p < 0.05$) en el crecimiento al emplear la microalga seca como único alimento. El Índice de desarrollo mostró los valores más altos en las larvas que fueron alimentadas con alga viva y las que consumieron la combinación de alga seca + alga viva (50%/50%) sin que se encontraran diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las mismas. Más del 40 % de las larvas alimentadas con sólo el 25 % del alga viva, lograron metamorfosear al subestadio de mysis y mostró valores significativamente superiores con respecto al tratamiento que se alimentó únicamente con la microalga seca y Los conteos de las larvas al final del experimento demuestran que la supervivencia no se afectó por las variantes de alimentación ensayadas, aun cuando consumieron solamente el polvo de la microalga.

Tabla 8 Comportamiento de los valores de los índices productivos (media \pm desviación estándar) a las 142 horas de inicio del experimento.

Índices productivos	Tratamientos				
	I	II	III	IV	V
Crecimiento	2.9a \pm 0.02	3.0a \pm 0.03	3.0a \pm 0.02	2.8a \pm 0.02	2.0b \pm 0.04
Desarrollo	3.84a \pm 0.042	3.90a \pm 0.032	3.82a \pm 0.036	3.42b \pm 0.036	2.86c \pm 0.05
Supervivencia	84a	82a	82a	87a	82a

Exponentes iguales no difieren significativamente para ($p > 0.05$)

El análisis de los indicadores medidos en el experimento, sugiere que las protozoas de *Litopenaeus schmitti* consumen microalgas secas, siempre que el rango de tamaños de partículas responda a los requerimientos del animal o esté dentro del requerido por la especie en este estadio. Cruz-Suárez (1988) consignó, a partir de observaciones en protozoas, que el contacto al azar de las partículas con las larvas, parece ser el único estímulo necesario para la toma del alimento. En un estudio realizado sobre la selección del tamaño de partícula para larvas de *Litopenaeus schmitti*, Cruz, de la A. y Ortega (1989) encontraron que las protozoas son capaces de ingerir tamaños de partículas con un rango entre 1-34 μm .

Cuando este tipo de alimento se utilizó como único componente de la dieta se afectan de forma significativa, el índice de desarrollo (2.86) y el crecimiento en largo (2.0 mm). Narciso (1995) no encontró que las dietas influyeran significativamente en la longitud total de las larvas de *P. kerathurus*, al comparar diferentes especies de microalgas vivas con el polvo de *Spirulina* sp. como única fuente de alimento, alcanzando valores cercanos a 3 mm en mysis I.

Después que el alimento es consumido por el animal, además del tamaño, existen otros factores que intervienen en su aprovechamiento por el organismo, como son la digestibilidad, la biodisponibilidad de nutrientes y la presencia de factores nutricionales esenciales entre otros, Sin embargo, cuando *Spirulina* sp se suministró como complemento, mezclada con cultivo de la diatomea *C. Muelleri*, los índices nutricionales mejoraron de forma significativa y no mostraron diferencias significativas con respecto al control (*C. muelleri* solamente). Cuzón (1996) concluyó, que las larvas de *P. vannamei*, *P. monodon* y *P. stylirostris* no evolucionaron al mismo tiempo cuando evaluó a la levadura de pan como alimento para las larvas, asegurando que la levadura carecía de algunos nutrientes, como los ácidos grasos poli-insaturados de cadena larga, o que había falta de digestión. Kurmaly *et al.* (1989) al comparar diferentes alimentos en las protozoas de *Penaeus monodon*, lograron resultados muy bajos con *Dunaliella tertiolecta*, debido al pobre contenido de ácidos grasos poli-insaturados 20:5 ω 3 y 22:6 ω 3 reportados en dicha especie de microalga. Sunilkumar (1996) con el objetivo de minimizar el empleo de microalgas vivas, utilizó como alimento diferentes bacterias marinas no patógenas en la dieta de larvas de *P. monodon*, y al sustituir totalmente a *Chaetoceros calcitrans* las larvas no cambiaron de estadio desde protozoa III a mysis I. Aunque la metamorfosis hasta mysis I se dificultó cuando se alimentó con alga seca solamente, la supervivencia alcanzada fue superior a la lograda por Narciso (1995) al alimentar con polvo de *Spirulina* sp. a las larvas de *P. kerathurus*, donde obtuvo una supervivencia inferior al 20 % desde nauplio hasta mysis, mientras que con larvas de *P. indicus* alimentadas con dietas microparticuladas, Kumlu y Jones (1995) lograron entre 81 a 95 % de supervivencia, similar a las alcanzadas en este trabajo

Bioensayo 2

El registro de las variables físicas y químicas medidas durante la investigación se encuentran dentro de los rangos establecidos para el cultivo de larvas de *L. schmitti*. pH (7.9-8.2); Temperatura (27.9-28.4 °C); Salinidad (35 ups); Oxígeno disuelto (6 -7.3 mg./L), según lo reportado por Vega y de la Cruz (1988), aunque más recientemente otros autores recomiendan para el caso de la salinidad 20 ups, durante la larvicultura de *L. schmitti*. (Yakov *et al.*, 2004).

Uno de los aspectos que influyen negativamente sobre el empleo de alimentos microparticulado, es su influencia sobre el deterioro de la calidad del agua, producto de la lixiviación, los cuales inciden en el incremento de los valores de concentración de amonio. En este estudio se registraron valores entre 0.026 y 0.09 mg /L, no tóxicos para las larvas y no se encontraron diferencias significativas entre las variantes de alimentación ensayadas.

Al final del ensayo no se encontró influencia de las alimentaciones suministradas sobre la supervivencia de las larvas, encontrándose porcentajes alrededor del 70 % (Tabla 9), Gelabert *et al.*, (1988) utilizaron microalgas y levadura torula seca en la alimentación de larvas de *L. schmitti* y los mejores valores de supervivencia hasta mysis III fueron de 91 y 94% en los tratamientos con levaduras, Wouters *et al.*, (2004) ensayaron alimentos secos elaborados con diferentes niveles de ingredientes marinos frescos, para la sustitución total del alimento vivo en la larvicultura de *Fenneropenaeus indicus* y encontraron tasas de supervivencia entre 73.4 y 81.3 % y en la cría de *P. Monodon* desde el subestadio de Zoea I hasta PL₁ demostrando la posibilidad de sustitución del alimento vivo por alimento microparticulado, al lograr supervivencias superiores al 90 %. Gaxiola *et al.*, (2002) logró mejoras significativas en la supervivencia de larvas de *L. setiferus* al sustituir el 40 % del alimento vivo por alimento seco microparticulado en presencia de microalgas, corroborando lo informado por Kumlu y Jones (1995) y Drennar (1996) que consignaron que el fitoplancton estimula la secreción de enzimas digestivas que permiten asimilar mejor los alimentos artificiales, lo que favorece el desarrollo, crecimiento y supervivencia. Aunque de manera general las dietas artificiales contribuyen a incrementar la supervivencia, simultáneamente los alimentos naturales ayudan a mejorar la calidad de las larvas y postlarvas (Subasinghe, 1995).

Sin embargo, la mortalidad de los animales en este ensayo la podemos asociar al manejo recibido por las larvas, en el proceso de los intercambios de agua, como bien afirma Alfonso (1996) quien señala que ante alimentos de buena calidad, la supervivencia está determinada por la manipulación.

Tabla 9. Comportamiento de la supervivencia, desarrollo, crecimiento al final del experimento (sen expresan los valores medios \pm desviación estándar).

Tratamiento	I	II	III	IV	V
Supervivencia (%)	71,7 \pm 15.27	68 \pm 7.64	70 \pm 8.66	70 \pm 10	68 \pm 2.89
Crecimiento (mm)	3.676 \pm 0.02	3.742 \pm 0.03	3.689 \pm 0.03	3.718 \pm 0.11	3.750 \pm 0.09
Índice de Desarrollo	6.81 \pm 0.06 ^a	6.79 \pm 0.11 ^a	6.86 \pm 0.06 ^a	6.69 \pm 0.14 ^a	6.15 \pm 0.13 ^b

Letras iguales no difieren significativamente para $p > 0.05$

Los resultados del crecimiento de las larvas indican que, con el empleo del alimento microparticulado, es posible sustituir el 100 % de las tomas de nauplios de *Artemia* establecidos en los procedimientos para la cría larval de *L. schmitti*, al no encontrarse diferencias significativas entre el tamaño de las larvas. Larvas con un largo promedio de 3.71 mm, similar al alcanzado en este trabajo, fue reportado por Jaime *et al.*, (2003), cuando alimentaron larvas de *L. schmitti* solamente con nauplios de *Artemia*. Artilos *et al.*, (1999) no encontraron diferencias significativas en el crecimiento, al ensayar alimentos artificiales sin el uso de nauplios de *Artemia* y las larvas no lograron tallas superiores al incluir la pasta de *Chlorella vulgaris* como enriquecedor de las dietas. Márquez *et al.*, (1997) utilizaron microparticulados con diferentes niveles de levadura torula en igual fase del cultivo para la misma especie, logrando crecimientos inferiores (3.40-3.44) a los obtenidos por las larvas en este estudio, incluyendo además microalgas y nauplios de *Artemia* (entre 0.5 – 0.75 nauplios /L), dos veces al día. Crecimientos más inferiores aún, obtuvo Wouters *et al.*, (2004) con valores de 2.94 y 3.02 mm en larvas de *F. indicus* alimentadas con dietas artificiales elaboradas con ingredientes marinos frescos y congelados, como sustitutos de alimento vivo, mientras que Arellano *et al.*, (1993), al suministrar a las larvas de *L. vannamei* (M_i a PL₂) alimentos microparticulados solamente, lograron menor crecimiento que cuando

combinaron la dieta artificial con nauplios de *Artemia*. Gaxiola *et al.*, (2002) en un ensayo donde utilizó un alimento microparticulado como sustituto del alimento vivo, encontró que el crecimiento de las larvas de *L. setiferus* alimentadas con el microparticulado fue significativamente menor al del control con alimento vivo, aunque el desarrollo y la supervivencia resultaron favorecidos con la sustitución parcial de los nauplios de *Artemia*.

En estudios realizados sobre la identificación de factores presentes en los nauplios de *Artemia*, muestran que al combinar los alimentos secos con éstos, las larvas de especies marinas logran aumentar significativamente la ingestión, digestión y asimilación de los alimentos artificiales (Kolkovski y Tandler, 1995), siendo posible que la ingestión de la *Artemia* sirva como estímulo en la secreción de enzimas digestivas y que las proteínas de las dietas artificiales sean más digestibles (Jones *et al.*, 1992), coincidiendo con Gelabert (1994), quien sugiere que la *Artemia* promueve significativamente el crecimiento de los camarones durante los estadios larvales.

La similitud en los resultados alcanzados en este trabajo en cuanto a supervivencia y crecimiento, pudieron estar relacionadas a la presencia de pigmentos carotenoides en el alimento y la importancia de los mismos para las larvas de camarón, los cuales juegan un papel importante en la fisiología de los crustáceos.

La velocidad de metamorfosis, expresada a través del índice de desarrollo fue estadísticamente similar entre los tratamientos II, III y IV y el control con alimento vivo, el cual solo se vio afectado cuando se empleó alimento artificial microparticulado como único alimento, Arellano *et al.*, (1993) sugieren que los nauplios de *Artemia* constituyen un alimento básico para el camarón en estos estadios. Kumlu y Jones (1995) reportan retrasos de 1.5 y 2 días en el desarrollo, al alimentar larvas de *F. indicus* con dietas microencapsuladas, respecto a larvas alimentadas con nauplios de *Artemia*, sin embargo Márquez (1997) al alimentar mysis de *L. schmitti* con alimento microparticulado con niveles de inclusión de 10-30% de levadura torula, combinados con nauplios de *Artemia* recién eclosionados y temperaturas entre 25.5 y 26.5 °C, logró que el 100 %

de las larvas pasaran a postlarvas en 120 horas, por otro lado Artiles *et al.*, (1999), asocian a las temperaturas el retardo de la velocidad de metamorfosis para pasar a PL₁ en 120 horas.

El cómputo químico realizado a la dieta experimental muestra que en su composición están representados todos los aminoácidos contenidos en las postlarvas de *L. schmitti*, aunque es importante indicar que el primer aminoácido limitante fue el triptofano y el segundo la histidina (Figura 1). Gaxiola *et al.*, (2002) evaluaron alimentos microparticulados purificados, con diferentes niveles proteicos en protozoas y mysis de *Litopenaeus setiferus* y *Litopenaeus vannamei* y los resultados arrojaron diferencias evidentes en el crecimiento de las larvas con respecto al alimento vivo utilizado como control, señalando que el cómputo químico de las dietas con 60 % de caseína, para las dos especies de camarón, presenta como aminoácidos limitantes al triptofano (primer aminoácido limitante), y a la arginina (segundo aminoácido limitante) y que la deficiencia de triptofano podría ser la causa de los bajos crecimientos y supervivencias de las larvas de ambas especies, ya que la arginina fue ajustada para compensar su bajo contenido en la caseína. Caso similar ocurrió en los resultados de índice de desarrollo alcanzado por las larvas en este ensayo, donde encontramos en el cómputo químico, al triptofano como primer aminoácido limitante, sin embargo la supervivencia y el crecimiento no se afectaron, cuando se utilizaron raciones de microparticulado como único alimento.

Cómputo químico

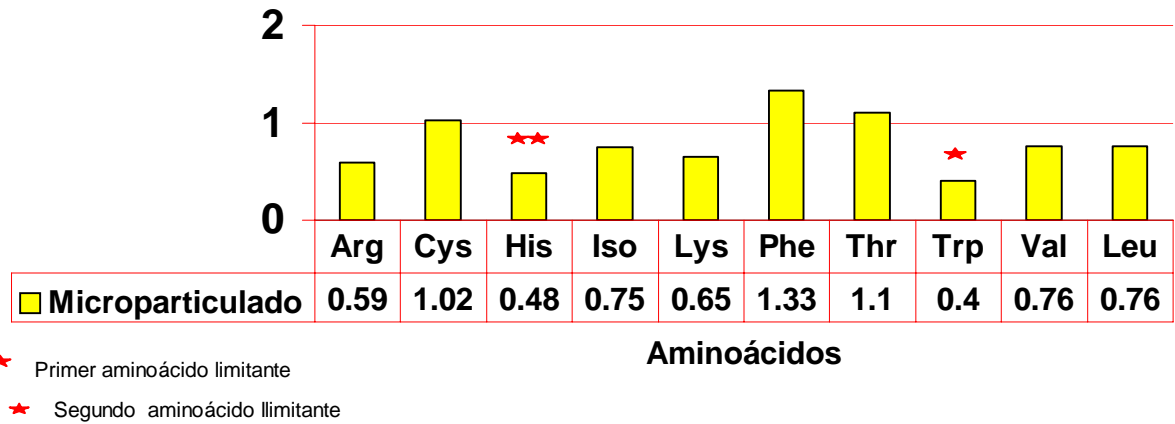


Figura 1. Cómputo químico calculado para el alimento microparticulado.

En la Figura 2 se muestra el comportamiento del cómputo químico realizado al perfil aminoacídico de los nauplios de *Artemia* y la composición de amino ácidos de las postlarvas de *L. schmitti*, El mismo evidencia que dicho alimento vivo, cubre satisfactoriamente las necesidades proteicas de las larvas de la especie, mejor que el alimento microparticulado, a pesar de que los mismos presentaron porcentajes proteicos similares (52.2 y 57.0 % respectivamente). Lo que demuestra que el porcentaje de proteína en los alimentos es independiente de su calidad. Esta pudo haber sido la causa de la afectación significativa del índice de desarrollo al final del experimento, cuando en este trabajo se sustituyó el 100 % de las raciones de nauplios de *Artemia* por alimento artificial. Cuzon *et al.*, (2004), consignaron una estrecha relación entre la composición aminoacídica del cuerpo de juveniles de *P. monodon* y sus requerimientos proteicos. Por lo que se sugiere considerar al cómputo químico como uno de los índices más importantes para evaluar la calidad proteica de los alimentos para el cultivo de especies acuáticas.

Cómputo químico

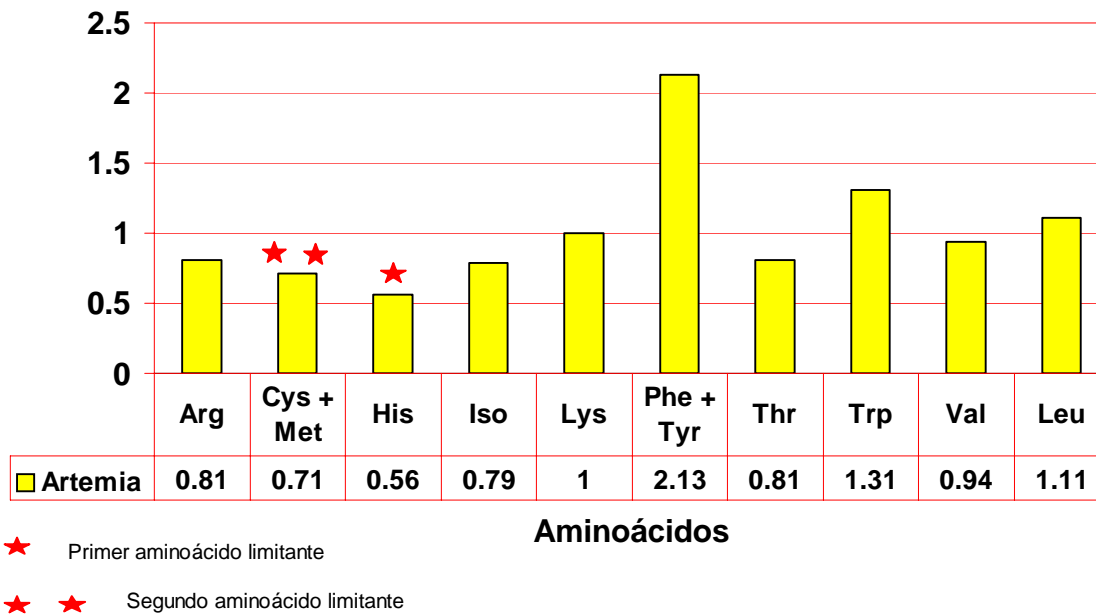


Figura 2. Cómputo químico calculado para el alimento vivo. (nauplios *Artemia*)

Conclusión General

Es posible la sustitución del 50 % de alimento fitoplanctónico por el polvo de *Spirulina* sp. en la fase de protozoas sin afectar la supervivencia, el índice de desarrollo y el crecimiento de las larvas en cultivo. y el microparticulado formulado para este estudio permite reemplazar hasta el 75 % de las raciones de nauplios de *Artemia*, en el esquema de alimentación de las larvas de *L. schmitti*.

Referencias Bibliograficas

- Alfonso, E., L. Martínez, R. Gelabert y S. Leal (1988): Alimentación de larvas de *Penaeus schmitti* con diatomeas y flagelados. *Rev. Inv. Mar.* 9(1): 47-58.
- Alfonso, E. (1996) Larvicultura de Camarones Marinhos. En: Anais do Primeiro Workshop do Estado do Ceará sobre Cultivo de Camarao Mariho. T.C.V. Gesteira e A.J.P. Nunes (eds). Fortaleza, Ceará, Brasil. p:86-100.
- Arellano E. M., Carvaca F., Gómez L. & Pedrazzoli A. (1993) Proyecto optimización del cultivo de larvas de camarón, "ocular". En. Memorias de Edgar Arellano. Once años dedicados a la investigación y desarrollo de la Acuicultura. ESPOL-CENAIM. 1993 San Pedro de Manglaralto, Ecuador. p.19-24.

- Artiles A. M., Fraga I., Galindo J. & Jaime B. (1999) Empleo de dietas artificiales en la larvicultura del camarón blanco *Penaeus schmitti*. *Rev. Invest. Mar.* 20 (1-3): 75-81.
- Avale, O. y J. A. Rothuis (1991): FAO Launches shrimp project in Madagascar. *Fish. Farming International*, 18(5): 28-58.
- Baert P., V.D. Quynh, Th. Thanh & L. Rotsaert (1995): Hatchery technology in Vietnam: A overview Larvi'95- Fish and shellfish larviculture symposium. Lavens P., E. Jasper e I. Roelants (Eds). 414-417
- Belay A, Kato T & Ota Y. (1996): *Spirulina (Arthrospira)*: Potential application as an animal feed supplement. *J. Appl. Phycol.* 8: 303-311
- Chow C.Y. & N.Y.S, Woo (1990) Bioenergetic studies on an omnivorous fish *Oreochromis mossambicus*: Evaluation of the utilization of *Spirulina* algae in feed. En: Hirano R, Hanyu, I (eds). Proceeding of the 2nd Asian Fisheries Forum. The Asian Fisheries Society, Manila. p: 291-294.
- Cruz-Suárez, E. (1988): Alimentación de *Penaeus* con micropartículas. En: Memorias del Seminario Nacional de Cultivo Larvario de Camarones Peneidos. San Blas, Nayarit, México 19 pp.
- Cruz, A. de la y S. Ortega (1989): La selección del tamaño de las partículas alimenticias por las larvas del camarón blanco, *Penaeus schmitti*. *Rev. Inv. Mar.* 10(1): 163-176.
- Cuzon, G. (1996): Utilización de levaduras por camarones marinos. En: Memorias del Segundo Simposium Internacional de Nutrición Acuícola, 7-9 de Noviembre de 1994. Monterrey, N.L. México. Cruz Avars, M. y G. Ricque (Eds.): 303-310.
- Cuzon, G., Guillaume. J. Y Gaxiola G.(2004): *Review on amino acid requirement in shrimp*. (Abstract Book) Aquaculture 2004. Marzo 1-5, 2004. Hawai Convention Center.Honolulu,Hawai, USA.Pag140.
- Davis, A y C.R. Arnold. 2000. Replacement of fish meal in practical diets for the pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 185:291-298
- Drennar, D.P. (1996): Reemplazo experimental de 30% con dietas para larvas zeigler en un laboratorio de América Central. En: Memorias del Segundo Simposium Internacional de Nutrición Acuícola, 7-9 de Noviembre de 1994. Monterrey. N.L. Cruz-Suárez, M. y G. Ricque (Eds.): 265-269.
- Gallardo N. González R., Carrillo O., Valdés O. & Forrellat A. (1989): Una aproximación a los requerimientos de aminoácidos esenciales de *Penaeus schmitti*. *Rev. Invest. Mar.* 10 (3): 259-267.
- Gaxiola G., Gallardo, P., Ravallec, R., Durruy, C., García, T., Cuzon, G., Van Wormhoudt, A., & Pedroza A. (2002) Avances en el uso de alimentos artificiales en la larvicultura de camarón. Pp: 227-242. En: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola-Cortés, M.G., Simoes, N. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 3 al 6 de Septiembre del 2002. Cancún, Quintana Roo, México.
- Gelabert, R. (1994): *Artemia*. Ensayos de caracterización y su empleo. Tesis de Maestría, Facultad de Biología, Universidad de La Habana. Cuba: 43pp.
- Gelabert, R., E. Alfonso, O. Hernández y S. Leal (1988): Experiencias de alimentación de larvas del camarón blanco *Penaeus schmitti*, con levaduras obtenidas industrialmente. *Rev. Invest. Mar.* 9(1): 59-69.
- Jones, D. A., M. Kumlu, L. Le Vay y D. Flecher (1995): The digestive physiology of herbivorous, omnivorous and carnivorous crustacean larvae: a review. Larvi'95-Fish y Selfish Larviculture Symposium. P. Lavens, E. Jaspers y Roelants (eds.). Europe. Aquacult, Soc, 24: 96 pp.
- Kumlu M. y Jones D.A.. (1995) The effect of live and artificial diets on growth, survival and trypsin activity in larvae *Penaeus indicus*. *J. World Aquaculture Soc.* 26(4): 406-415.
- Kurmaly K., Jones D.A., Yule A.B. y East J. (1989) Comparative analysis of the growth and survival of *Penaeus monodon* larvae, from protozoa I to postlarvae I a live feeds, artificial diets and a combination of both. *Aquaculture*, 81: 27-45.
- Lerch, G. (1977): La experimentación en las ciencias biológicas y agrícolas. Editorial Científico-Técnica. La Habana. 252 pp.
- Márquez, C.G. (1997) Evaluación de la levadura torula en la alimentación de larvas y postlarvas de camarón blanco *Penaeus schmitti*, con dietas artificiales. Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones Marinas. Universidad de La Habana. 60 pp
- Mitchell, H.H. y R.J. Block (1946): Some relationships between the amino acid contents of protein and their nutritive values for the rat. From the division of animal nutrition. pp: 599-620

- Narciso, L. F. (1995): *The influence of the diet on the growth and survival of Penaeus kerathurus larvae*. En: Fish and Shellfish Larviculture Symposium. Larvi'95. (P. Lavens, E. Jasper e I. Roelants, Eds.). pp: 420-425.
- Sigarroa, A. (1985): *Manual de prácticas de biometría y diseño experimental*. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de La Habana. 793 pp.
- Sunilkumar, M. K. (1996): Heterotrophic marine bacterias supplementary feed for larval *Penaeus monodon*. *Naga*, 9(1): 23-26.
- Pérez-Farfante & Kensley B. (1997): Penaeoid and sergestoid shrimps and prawns of the world, keys and diagnoses for the families and genera. *Mémoires Muséum National d' Histoire Naturelle, Zoologie*, 175, 235
- Vega A. J. y de la Cruz A (1988): Influencia de la temperatura, la salinidad y el pH sobre las larvas del camarón blanco *Penaeus schmitti*. *Rev. Inv. Mar.* 9(1): 25-38.
- Takeuchi T., Lu J., Yoshizaki G & Satoh S. (2002): Effect on the growth and body composition of juvenile tilapia *Oreochromis niloticus* fed raw *Spirulina*. *Fisheries Science* ; 68(1): 34-40
- Villegas D. K. & Kanazawa A. (1979) Relationship between diet and growth of zoeal and mysis stages of *Penaeus japonicus* Bate. *J. Zool.* , 10(2): 305-399.
- Wouters, R., T. Van Horenbeek, G. Merchie y Bribson. P (2004): Dietas larvales para camarón. Dietas secas elaboradas con ingredientes marinos frescos. *Panorama Acuicola Magazines Mar/Abr*, 9(3): 54-55.
- Watanabe T., Liao W, Takeuchi T & Yamamoto H. (1990): Effect of dietary *Spirulina* supplement on growth performance and flesh lipids of cultured striped jack. *J. Tokyo Univ. Fish.* 77: 231-239.
- Yakov, N, Rosas, J. Velazquez, A., T. Cabrera y Darril, J. (2004): Experimental Growth and survival of white shrimp , *Litopenaeus schmitti* (Crustacea:Decapoda) postlarvae reared at three salinities (Abstract Book,) *Aquaculture 2004*. Marzo 1-5, 2004. Hawai Convention Center.Honolulu,Hawai, USA. Pág. 10
- Zarrouk, C.(1966): Contribution à l'étude d'une cyanophycée. Influence de divers facteurs physiques et chimiques sur la croissance et la photosynthèse de *Spirulina maxima*. Tesis Universidad de Paris, Francia. 150 pp

Agradecimientos

Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México, al Centro de Investigaciones Pesqueras y Centro de Investigaciones Marinas de Cuba.