

ARTÍCULO DE REVISIÓN

NUTRICIÓN DEL CAMARÓN BLANCO, *LITOPENAEUS SCHMITTI* BURKENROAD: 25 AÑOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Nutrition of the white shrimp, Litopenaeus schmitti Burkenroad: 25 years of scientific investigation

Tsai García-Galano^{1*} y Olimpia Carrillo-Farnés²

¹ Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de La Habana.

² Facultad de Biología, Universidad de La Habana.

* Autor para correspondencia:
tsai@cim.uh.cu

RESUMEN

Se presentan los resultados de las investigaciones realizadas por más de veinte años por el Centro de Investigaciones Marinas de la Universidad de La Habana en la nutrición del camarón blanco *Litopenaeus schmitti*, donde se estudiaron diferentes aspectos de los requerimientos nutricionales, enzimas digestivas, aditivos, dietas para la larvicultura y la maduración así como ingredientes empleados en la formulación del alimento, que aportaron una información fundamental para el cultivo de esta especie y que permiten incrementar los conocimientos nutricionales de los camarones peneidos.

PALABRAS CLAVES: aditivos, camarón blanco, dietas especiales, enzimas digestivas, lípidos, *Litopenaeus schmitti*, nutrición, proteínas, .

ABSTRACT

The results of the investigations accomplished for over 20 years by the Center of Marine Research of the Havana University in the nutrition of the white shrimp Litopenaeus schmitti, are shown. Were studied different aspects of the nutritional requirements, digestive enzymes, additives, diets for the larviculture and the maturation as well as ingredients used in the formulation of the foods, that they contributed a fundamental piece of information for the culture of this species and that they allow increase the nutrition knowledge of the shrimps penaeid.

KEYWORDS: additive, digestive enzymes, lipids, *Litopenaeus schmitti*, nutrition, proteins, special diets white shrimp.

INTRODUCCIÓN

El camarón blanco *Litopenaeus schmitti* se distribuye por la costa este de América desde Belice hasta Santa Catarina, Brasil y en el Mar Caribe y es un rubro importante en las pesquerías de arrastre en Cuba.

Las investigaciones sobre su cultivo se comienzan en el Centro de Investigaciones Marinas (CIM) desde su creación, en 1970, sin embargo, no es hasta mediados de los años ochenta cuando se inicia la puesta en marcha de instalaciones comerciales en el país, en que se crea un grupo de trabajo en dicho centro, conformado por profesores e investigadores del CIM y de la Facultad de Biología de la Universidad de La Habana, para el estudio de diferentes aspectos de la nutrición y alimentación de esta especie y poder brindar información a los productores sobre las dietas más adecuadas en todas las fases de su cultivo.

La mayoría de las investigaciones sobre la nutrición de los camarones peneidos en Latinoamérica, ha estado enfocada en *Litopenaeus vannamei* y sus resultados se han generalizado para otras especies, sin tener en cuenta las diferencias en los hábitos de alimentación y los requerimientos nutricionales, entre otros aspectos.

Es conocido que la alimentación durante el ciclo productivo del camarón representa alrededor de un 50 % de los costos de producción, por lo que el conocimiento de la nutrición ha sido objeto de múltiples estudios en las especies sometidas a cultivo. La gran demanda de materias primas para la producción de alimento animal y su elevado precio en el mercado, también han hecho

dirigir la mirada hacia la búsqueda de nuevas fuentes no convencionales que puedan emplearse en diferentes regiones del planeta

En el presente trabajo, se hace una revisión de los resultados obtenidos por el Centro de Investigaciones Marinas durante más de dos décadas, en diferentes aspectos de los requerimientos nutricionales, enzimas digestivas, aditivos, dietas para la larvicultura y la maduración así como ingredientes empleados en la formulación de los alimentos en *L. schmitti*, que aportaron una información fundamental para su cultivo y que permiten incrementar los conocimientos nutricionales de los camarones peneidos.

PROTEÍNA Y ENERGÍA DIETÉTICA

La proteína ha constituido un punto focal para los investigadores cuando se inicia el cultivo de cualquier especie, por su estrecha relación con el crecimiento del organismo y varias revisiones donde se aborda este aspecto han sido publicadas en camarones peneidos (Chen, 1993 en *Penaeus monodon*; Fox *et al.*, 1994; Cuzón *et al.*, 2004 en *Litopenaeus vannamei* y García-Galano, 1997 y 2006 en peneidos de América).

Los primeros estudios sobre requerimientos nutricionales en *Litopenaeus schmitti*, se realizaron en postlarvas, determinándose el valor proteico óptimo al emplear dietas semipurificadas e isocalóricas, donde se variaban los niveles de caseína y se empleaba la harina de calamar en un porcentaje constante (García-Galano y Galindo, 1990). Estos autores concluyeron que los mejores crecimientos se lograban con un 60 % de proteína y una energía dietética de 15.9 kJ/g.

Galindo *et al.* (1992a), al evaluar el requerimiento en juveniles con dietas isocalóricas (12,5 kJ/g), donde la caseína y la gelatina fueron las fuentes proteicas, encontraron los niveles óptimos entre 25-35 %, mientras que daños irreversibles en el epitelio tubular del hepatopáncreas se observaron a partir de 40 %.

La optimización de la relación proteína/energía (P/E) constituye un aspecto de gran importancia por la necesidad de lograr un balance adecuado entre las proteínas, lípidos y carbohidratos y así lograr la mejor utilización de estos sustratos. Una amplia discusión sobre este aspecto fue dada por Cuzón y Guillaume (1997).

Es un criterio aceptado de que un alimento deficiente en energía no proteica conducirá a los camarones a utilizar la proteína con fines energéticos, mientras que si la dieta contiene un exceso de lípidos y/o carbohidratos, estos podrían satisfacer su apetito antes de consumir las cantidades de proteína suficientes para un buen crecimiento.

García-Galano *et al.* (1990), evaluaron el efecto de la relación P/E en postlarvas de *L. schmitti* con dietas entre 40-60 % de proteína donde la caseína era la fuente proteica. Al mantener los lípidos constantes, el mayor crecimiento ocurrió con el alimento que contenía 60 % de proteína, 36.3 mg prot/kJ y 16.5 kJ/g. Cuando se variaron los lípidos y se mantuvieron los carbohidratos constantes, el mejor crecimiento se alcanzó también con 60 % de proteína, pero hubo un incremento en la relación P/E (42.4 mg prot/kJ) (García-Galano y Gaxiola, datos no publicados). En ambos experimentos no se observó una

disminución de la proteína dietética óptima, aunque los niveles de inclusión ensayados oscilaron entre 3-19 % para los lípidos y entre 7-41 % para los carbohidratos. Estos resultados coinciden con lo reportado para postlarvas de esta especie sobre el uso preferencial de las proteínas como sustrato energético (Rosas *et al.*, 1995),

Mediante el empleo de dietas prácticas con niveles proteicos entre 23-33 % y diferentes relaciones P/E, los juveniles alcanzaron los crecimientos mas elevados con 33 % de proteína, una energía dietética entre 10.84-14.5 kJ/g y una relación P/E 25.1-30.3 mg prot/kJ (Galindo *et al.*, 2002). Una marcada depresión en el crecimiento se observó con bajos niveles proteicos (23 %) y una relación P/E de 18.6 mg prot/kJ, aunque el nivel energético de la dieta fue similar al de aquellas donde se alcanzaron los mejores pesos.

Aunque pueden existir diversos factores que contribuyan a las diferencias del requerimiento de proteína entre postlarvas y juveniles de *L. schmitti*, los cambios que están ocurriendo en esta etapa en la morfología y fisiología del digestivo, incluyendo la velocidad del tránsito del alimento (Lovett y Felder, 1990), parecen constituir una de las principales causas de esta variación.

PROTEÍNA ANIMAL/PROTEÍNA VEGETAL

La combinación de la proteína animal y vegetal (PA/PV), es una práctica común en las formulaciones del alimento para camarones, buscándose un equilibrio entre los costos y el valor nutricional de las dietas.

Diferentes relaciones de PA/PV fueron analizadas en postlarvas y juveniles del

camarón blanco. Al emplearse harina de pescado y calamar como fuente animal y la harina de soya como componente vegetal, las postlarvas alcanzaron los mejores crecimientos y supervivencias al incluirse un 38 % de proteína animal (Gaxiola *et al.*, 1996). Al sustituirse la fuente animal por camarón y calamar, los crecimientos y supervivencias más elevados fueron obtenidos con 52 % de proteína animal. Las mayores mortalidades se presentaron cuando se empleó solamente un tipo de proteína, ya sea animal o vegetal, indicando la necesidad de ambas fuentes para una adecuada complementación aminoacídica.

En juveniles, al emplearse harina de cabeza de camarón y harina de pescado como proteína animal y la harina de soya y harina de espirulina como proteína vegetal, se encontró que era posible cubrir con una fuente de origen vegetal hasta 60 % del nivel proteico, aunque cuando se utilizaron relaciones con la proteína vegetal dominante, se detectó una hipertrofia y degeneración de los túbulos del hepatopáncreas (Galindo *et al.*, 2009).

Los estudios realizados para postlarvas y juveniles, sugieren que en ambas fases del ciclo de vida es posible incluir casi un 50 % de proteína vegetal si la calidad nutricional de la proteína animal es elevada.

NUTRIENTES NO PROTEICOS: LÍPIDOS

Los requerimientos de lípidos para juveniles de *L. schmitti* se encontraron entre 6-15 %, con una dieta isocalórica (14.6 kJ/g) con 35 % de proteína y empleando la proporción 1:1 de aceite de girasol y aceite de hígado de bacalao (Galindo *et al.*, 1992b). Este amplio rango de niveles

de lípidos donde se obtienen altos crecimientos son similares a los reportados por Galindo *et al.* (2002) utilizando dietas prácticas, aunque para fines productivos, recomiendan elaborar dietas con 6 % de este nutriente.

En la fase postlarval no se han realizado experimentos para el estudio específico de los requerimientos de lípidos, no obstante, evaluando las diferentes relaciones P/E, se determinó que niveles entre 3-8 % eran los adecuados para esta etapa (García-Galano *et al.*, 1990; García-Galano y Gaxiola, datos no publicados).

Empleando la relación 1/1 y 2/1 de aceite de girasol y aceite de hígado de bacalao, las postlarvas alcanzaron el mayor crecimiento, mientras que los peores resultados correspondieron al suministrar un solo tipo de aceite. Al analizarse la composición de las diferentes clases de lípidos dietéticos, se comprobó la importancia de la incorporación de los ácidos grasos de las series $\omega 3$ y $\omega 6$ en las proporciones adecuadas (García-Galano *et al.*, 1989).

Un subproducto de la industria azucarera, el aceite de cachaza, con un alto contenido en ácidos grasos oleico y linoleico y rico en fitosteroles, puede sustituir al aceite de girasol en esta especie en una combinación de 1/1 de aceite de cachaza/aceite de hígado de bacalao (Jaime *et al.*, 1994).

Enzimas digestivas

Las características, propiedades y regulación de las enzimas digestivas de los camarones definen sus capacidades digestivas y por tanto el tipo de ingredientes que puede ser incluido en sus dietas (Carrillo *et al.*, 2007). Las investigaciones en este campo se dirigieron al

conocimiento de la batería enzimática del *L. schmitti* y los factores endógenos y exógenos que influían en su actividad y podían contribuir al diseño de dietas y la incorporación de nuevos ingredientes.

Actividad enzimática digestiva

En *L. schmitti*, mediante el uso de sustratos sintéticos específicos, se encontró actividad de dos endopeptidasas de la familia de las proteasas serínicas: tripsina y quimotripsina (González, 1998). En los diferentes estadios de su desarrollo se pudo detectar, aunque en niveles bajos, actividad de carboxipeptidasa B y leucinaminopeptidasa.

Las otras dos enzimas digestivas detectadas en *L. schmitti* fueron la amilasa y la lipasa. La amilasa se ha encontrado en el hepatopáncreas de muchas especies de crustáceos (Van Wormhoudt, 1980; Biesiot y Capuzzo, 1990; Lovett y Felder, 1990; Fang y Lee, 1992), sin embargo la actividad lipolítica del hepatopáncreas ha sido menos estudiada.

En *L. schmitti*, la actividad lipolítica del hepatopáncreas frente a diferentes sustratos naturales y sintéticos, fue investigada por Del Monte *et al.* (2002) mediante el aislamiento e inmovilización por adsorción interfásica. La actividad lipolítica máxima se encontró a pH 5.5 y 8.0 que pueden corresponder a isoformas de la enzima; la masa molecular aproximada del preparado inmovilizado con actividad lipolítica fue de 14.5 KDa. Los autores encontraron una mayor afinidad por los triglicéridos de cadena larga como sustratos y por los que contenían ácidos grasos polinsaturados de las series $\omega 3$ y $\omega 6$.

Ontogenia de las enzimas digestivas

El patrón de los cambios ontogenéticos en la actividad de las enzimas digestivas de los camarones peneidos ha sido estudiado en varias especies como *M. japonicus* (Laubier-Bonichon *et al.* (1977), *L. setiferus* (Lovett y Felder, 1990), *L. schmitti* (Lemos *et al.*, 2002) y *P. serratus* (Van Wormhoudt, 1980). González *et al.* (1994) estudiaron estos cambios en *L. schmitti*, y encontraron un patrón muy similar al de las otras especies estudiadas, excepto para la amilasa.

En *L. schmitti*, las enzimas proteolíticas después del aumento de la actividad de nauplios a protozoa, disminuyen hasta presentar un mínimo después de la metamorfosis a Pl. Si estos cambios en la actividad de las enzimas digestivas fueran solo debido a cambios en la morfología del sistema digestivo, cabría esperar que la actividad específica de las enzimas digestivas fuera similar en juveniles y adultos. Sin embargo, la actividad de la amilasa es significativamente mayor en adultos, lo que indica que existen otros factores que también influyen en los cambios ontogenéticos encontrados en estas especies de camarones.

El aumento constante de la relación Amilasa/Proteasas Generales durante la ontogenia hace a esta especie más eficiente para la utilización de los carbohidratos dietéticos.

Efecto de factores endógenos y exógenos sobre la actividad enzimática digestiva

Los experimentos sobre influencia de diferentes factores sobre la actividad enzimática digestiva tuvieron como objetivo ajustar las condiciones de cultivo a los periodos de máximo aprovechamiento de los nutrientes por esta especie, al

considerar que el primer factor limitante de la biodisponibilidad del alimento es la posibilidad de ser degradado de forma eficiente por las enzimas del tracto digestivo.

González (1998) estudió los cambios cronobiológicos en la actividad tipo tripsina, amilasa y la actividad proteolítica total del hepatopáncreas, el efecto del horario de alimentación, el fotoperiodo y la ablación de los pedúnculos oculares. Los resultados mostraron diferencias significativas para la actividad de estas enzimas a las distintas horas del día y siempre hubo una respuesta en la actividad proteolítica total, frente al suministro de alimento.

El tiempo que media entre la ingestión del alimento y el momento en que la actividad enzimática digestiva alcanza su máxima actividad en el hepatopáncreas de *L. schmitti* coincidió de forma general con el observado en otras especies de peces y crustáceos.

González *et al.* (1995) y González *et al.* (1997) demostraron que la actividad de las enzimas tipo tripsina, la amilasa y la actividad proteolítica total del hepatopáncreas de camarones adultos presentaba variaciones circadianas con dos picos de actividad máxima. Las variaciones circadianas de la actividad proteolítica se vieron afectadas por el patrón de alimentación y por el fotoperíodo.

Díaz Granda (1997) en un estudio sobre los cambios circadianos en *L. schmitti* encontró que el mejor horario de alimentación para esta especie eran las diez de la mañana, pero encontró picos de actividad proteolítica asociados al horario de alimentación.

El efecto de la ablación unilateral y bilateral de los pedúnculos oculares sobre

la actividad tipo tripsina, α -amilasa y la actividad proteolítica total se estudió en camarones adultos alimentados con alimento artificial (González, 1998). La ablación del pedúnculo ocular provocó un aumento en la actividad de las proteasas generales y la tipo tripsina y una disminución de la actividad de la amilasa.

Detección de la presencia de un inhibidor de tripsina en el hepatopáncreas

Los aspectos que determinan el control del proceso digestivo en camarones han sido en general poco estudiados, así como los mecanismos por los que el hepatopáncreas se protege de la autodigestión. Los inhibidores de tripsina han sido detectados en una gran cantidad de organismos, entre ellos, los inhibidores pancreáticos de tripsina son los más estudiados. En crustáceos solo se había informado la presencia de un inhibidor de proteasas cisteínicas y éste fue purificado en quistes de *Artemia* sp. (Warner *et al.*, 1992). La existencia de actividad inhibidora de tripsina en el hepatopáncreas de camarones peneidos fue informada por De Arazosa *et al.* (1996), Carrillo *et al.* (1997), García Carreño *et al.* (1999) y De Arazosa *et al.* (2001).

De Arazosa *et al.* (2002) aislaron y purificaron parcialmente mediante cromatografía de afinidad un inhibidor endógeno de tripsina del hepatopáncreas de *L. schmitti* mediante el empleo de tripsina bovina inmovilizada.

Adaptación de métodos *in vitro* para la evaluación de la calidad proteica de alimentos para camarones

La búsqueda de fuentes no convencionales de proteínas, para el cultivo de

L. schmitti requirió de la adaptación de métodos *in vitro* adecuados a las características de esta especie que se habían diseñado y utilizado anteriormente en la evaluación de la calidad proteica de ingredientes para vertebrados y otras especies de camarones.

La composición aminoacídica del músculo de la cola del *L. schmitti* resultó una herramienta útil para la evaluación de la calidad proteica mediante el cálculo del cómputo químico que brinda información sobre los aminoácidos limitantes de las fuentes proteicas. Estos datos han sido utilizados para la elaboración de dietas y para la evaluación de fuentes proteicas que se incorporaron a dietas prácticas. En la tabla se muestra la composición aminoacídica del músculo de la cola informada por Gallardo *et al.* (1989). Los aminoácidos básicos se encuentran en una proporción relativamente alta en el músculo de la cola de esta especie por lo que la arginina y la lisina se presentan con frecuencia como los primeros limitantes de la calidad de las fuentes proteicas y dietas estudiadas.

Aminoácido (g/ 100 g de proteína)	<i>Litopenaeus schmitti</i>	
	postlarvas	adultos
Arginina	8.96	9.06
Cys + Met	2.66	2.69
Histidina	3.36	3.01
Isoleucina	4.80	4.45
Leucina	7.99	8.97
Lisina	8.89	8.43
Phe + Tyr	4.72	4.88
Treonina	3.06	3.00
Triptófano	1.14	1.06
Valina	5.00	5.64

Tabla 1. Composición de aminoácidos del músculo de la cola de *Litopenaeus schmitti*.

Como primera barrera a la disponibilidad de nutrientes se encuentra la digestibilidad de las proteínas por lo que

el otro método que se adaptó fue el de digestibilidad *in vitro* de proteínas mediante el uso como fuente de enzimas de un preparado enzimático obtenido del hepatopáncreas de *L. schmitti* que fue patentado con el nombre de Hepatopancreatina (Forrellat *et al.*, 1990; Forrellat (1998); Carrillo, *et al.* (1994); Carrillo y Forrellat (2008) en sustitución del empleado por Hsu *et al.*, en 1977. El método ha sido utilizado por distintas instancias del Ministerio de la Industria Pesquera de Cuba y por la Universidad de La Habana para la evaluación de fuentes proteicas empleadas en el cultivo de camarón *L. schmitti* (Galindo *et al.*, 2001; Fraga *et al.*, 1996; García-Galano *et al.*, 1996).

ADITIVOS

El grupo trabajó en la búsqueda de nuevos aditivos que lograran estimular el crecimiento, la velocidad de crecimiento, la supervivencia, el consumo y la calidad de las dietas. Se investigó en la forma de incorporación al alimento y en la comparación de diferentes aditivos ya establecidos para dietas de camarón.

1. Aglutinantes

Se estudió el efecto de 4 aglutinantes (goma de guar, pectina de cítricos, carboximetil celulosa y almidón pregelatinizado) en las postlarvas. El crecimiento se redujo significativamente y el Factor de Conversión del Alimento (FCA) al emplearse la goma de guar (*Cyamopsis tetragonalobaen*) en la dieta, aunque no se observaron daños histológicos en el hepatopáncreas (García-Galano *et al.*, 1992). La viscosidad de la goma de guar fue mayor, lo

que pudo afectar la textura del pellet y causar una disminución en la ingestión del alimento.

2. Estimuladores del consumo

Alvarez *et al.* (2005) evaluaron la capacidad de atracción, incitación y estimulación al consumo del alimento de dietas a las que se les incluyó un 5% de harina de cabeza de camarón o fueron recubiertas por asperjado con 0.5% de aceite de pescado. Los camarones consumieron este alimento en menor tiempo que con el control sin aditivos y mejoró la eficiencia de la proteína y el FCA, incrementándose el crecimiento, probablemente debido a una menor lixiviación de los nutrientes en el agua.

3. Microalgas

Las algas ejercen un efecto beneficioso cuando se incluyen como aditivos en las dietas, por su composición en fibra, carotenoides, atrayentes químicos, fuentes de vitaminas y minerales, sustancias antioxidantes, entre otros. Juveniles del camarón blanco, al ser sometidos a una prueba de atractabilidad, mostraron una marcada preferencia hacia el alimento que contenía harina de *Spirulina platensis* (Jaime *et al.*, 2004), mientras que las larvas, alimentadas con una dieta microparticulada conteniendo 5 % de esta microalga, tuvieron un índice de desarrollo similar al obtenido cuando se alimentaron con nauplios de *Artemia* (Jaime *et al.*, 2005).

4. Astaxantina

En *L. schmitti* se encontró un mejor comportamiento en términos de ganancia en peso, eficiencia en la conversión

alimenticia y en el uso de la proteína dietética con concentraciones de astaxantina de 50, 75 y 100 mg/kg (Alvarez *et al.*, 2004).

5. Levaduras

La levadura torula (*Candida utilis*) es un derivado que se obtiene de la caña de azúcar mediante la utilización de las mieles como sustrato para el desarrollo de este microorganismo y proporciona diversas cantidades de vitaminas del complejo B, glutatión, ácido p-aminobenzoico y tiene un alto contenido de ácidos nucleicos y beta-glucanos (García-Galano, 2007).

La inclusión de la fracción proteica soluble de la torula en una dieta, promovió una mayor supervivencia con niveles de 6 % y 3-6 %, para las fracciones <10 000 Da y >10 000 Da, respectivamente, lo cual parece estar relacionado con la presencia de nucleótidos, cuyo impacto positivo ante el estrés, las enfermedades infecciosas y el crecimiento ha sido señalado por Deberse (2000) y Newman (2002). La fracción insoluble de la torula, compuesta mayormente por proteínas de la pared celular y glucomanos (Otero *et al.*, 1996), tiene un efecto positivo en el crecimiento de los camarones, con una mayor actividad proteolítica con respecto a la insoluble (García-Galano *et al.*, 2002).

6. Hormonas

Gallardo *et al.* (1994) utilizaron péptidos tipo insulina aislados del hepatopáncreas de la langosta *Panulirus argus* como aditivo alimentario en dietas de larvas de *L. schmitti*, y observaron un estímulo de 50% en la ganancia en peso. Fernández *et al.* (1995) incluyeron

estradiol y progesterona en la dieta de esta especie y lograron un acortamiento del ciclo de la muda y mayor frecuencia de alimentación.

El uso de péptidos semejantes a hormonas obtenidos de crustáceos requiere de un trabajo de ingeniería genética para que el producto final resulte económicamente factible. Se ha trabajado en la búsqueda del gen que codifica para los péptidos tipo insulina de camarón con resultados alentadores (Gallardo *et al.*, 2003; Carrillo *et al.*, 2000).

7. Enzimas digestivas

La incorporación de enzimas digestivas a las dietas de crustáceos se ha realizado con el fin de incrementar la velocidad de crecimiento en etapas en que la actividad de las enzimas endógenas pudiera ser un factor limitante para el aprovechamiento de la dieta.

Forrellat *et al.* (1998) utilizaron un preparado multienzimático obtenido de hepatopáncreas de camarón (Hepatopancreatina) y microencapsulado con una cubierta de gelatina-goma de acacia, en dietas para postlarvas. Este aditivo logró un aumento significativo en el peso final, en la velocidad de crecimiento y supervivencia de los animales tratados.

8. Otros aditivos

Vega-Villasante *et al.* (2002) utilizó un extracto crudo liofilizado de langostilla roja (*Pleuroncodes planipes*) en el agua de cultivo de larvas de *L. schmitti* alimentadas normalmente y observó un incremento significativo en la ganancia en peso y supervivencia de los animales así como en la proteína y el glucógeno corporal y en la actividad

de la superóxido dismutasa. Los autores analizaron diferentes componentes del extracto que pudieran influir en los resultados mediante acciones sinérgicas, como su capacidad antioxidante, la actividad proteolítica y la presencia de péptidos semejantes a hormonas de vertebrados.

DIETAS ESPECIALES

1. Larvas

La combinación de dietas microparticuladas o microencapsuladas con microalgas y nauplios de *Artemia*, es una práctica usual dentro del esquema de alimentación de *L. schmitti* en los laboratorios de producción de postlarvas.

La utilización de la levadura torula seca, combinada con la diatomea *Chaetoceros ceratosporum* y el flagelado *Tetraselmis tetrathele*, promovió supervivencias más elevadas (Gelabert *et al.*, 1988) y su inclusión en un 30 % en una dieta microparticulada con 47 % de proteína, combinada con microalgas y *Artemia*, produjo mejores crecimientos en la etapa larval hasta pl₆. Resultados satisfactorios también fueron reportados al emplear la harina de la microalga *Spirulina platensis* como sustituta de hasta un 30% de *Chaetoceros muelleri*, mejorando la longitud final de las larvas y el índice de desarrollo (Jaime *et al.*, 2006). La harina de lombriz de tierra (*Eudrilus eugeniae*), puede ser un componente adecuado en una dieta microparticulada, pudiendo sustituir a la harina de calamar sin afectar el crecimiento, la supervivencia y el índice de desarrollo de las larvas (García-Galano *et al.*, 1999).

Al incorporar microparticulados como única fuente de alimento en el cultivo

larval, se determinó que con la dieta comercial Humbolt, Ecuador (50 % proteína y 17 % lípidos), se mejoró el crecimiento y la supervivencia, al compararse con AS-NIPPAI, Japón (65 % proteína y 5 % lípidos) y MP-CIP1, Cuba (48 % proteína y 8.6 % lípidos) (Jaime *et al.*, 1996). El nivel y la composición lipídica parecen haber jugado un rol fundamental en estos resultados.

2. Maduración

La alimentación de los reproductores de *L. schmitti* fue estudiada, evaluándose diversos indicadores productivos con el objetivo de seleccionar una dieta adecuada para esta etapa. Ramos y García-Galano (1992) reportan que con alimento balanceado con 10% de aceite de hígado de bacalao y una combinación de harinas de pescado, camarón, trigo, soya y levadura torula, se obtuvo en hembras ablacionadas, una mejor respuesta reproductiva, medida por el número total de desoves, desoves/hembra/mes y el porcentaje de eclosión. Con niveles de lípidos entre 6-7 %, estos parámetros fueron significativamente inferiores, pudiendo esta respuesta estar relacionada con contenidos más bajos de HUFA n-3. Cuando se compara una dieta experimental (55 % de proteína y 7 % de lípidos), con las dietas comerciales NIPPAI (53% de proteína y 6% de lípidos) y Madutec (44 % de proteína y 8 % de lípidos), Pérez *et al.* (1996) indican que el mayor número de cópulas diarias y de nauplios/día se obtienen con la dieta experimental.

La combinación de alimento fresco, principalmente de origen marino, con un balanceado, parece ser lo idóneo para obtener un adecuado balance

nutricional y lograr buenos índices reproductivos en *L. schmitti* (Beltrame y Andreatta, 1991; Nascimento *et al.*, 1991; Sampaio *et al.*, 1999).

INGREDIENTES PROTEICOS EMPLEADOS EN DIETAS DE *Litopenaeus schmitti*

El incremento constante de la producción acuícola y de los volúmenes de alimentos necesarios para cubrir las demandas, ha motivado la búsqueda de fuentes proteicas que sustituyan o complementen a la harina de pescado, principal ingrediente en la mayoría de las formulaciones para la camaricultura.

Entre los ingredientes de origen marino, las harinas de camarón y calamar se han utilizado de forma generalizada en dietas para larvas y de maduración. Otros componentes no convencionales como, la harina de cefalotórax de langosta (Jaime y García-Galano, 1992), puede incluirse hasta un 8 % y 15 %, respectivamente.

El desarrollo de la lombricultura en varios países asiáticos y de Latinoamérica, ha motivado que algunos investigadores estudien sus potencialidades como alimento de camarones. La sustitución total de la harina de pescado por harina de lombriz de tierra *Eudrilus eugeniae* en la alimentación de postlarvas y la complementación con esta especie de dietas para la maduración, han ofrecido resultados satisfactorios (García-Galano y Jaime, 1990; Ramos *et al.*, 1990).

Un derivado de la industria azucarrera, la levadura torula, promueve mejores crecimientos con niveles entre 15-25 % en juveniles (Galindo *et al.*, 2009).

La soya es una excelente fuente proteica para la alimentación de los organismos acuáticos y es la proteína vegetal más utilizada en la acuicultura y con mayores posibilidades para sustituir a la harina de pescado como ingrediente en las dietas para el cultivo del camarón (Carrillo, 2007). Cuando se ensayaron 6 formulaciones con 30 % de levadura torula, harinas de camarón, girasol, carne, ajonjolí y soya, se encontró que el mayor crecimiento, FCA y eficiencia proteica era obtenido al emplear la soya, siendo esta y la harina de girasol las que mostraron la más elevada digestibilidad (Fraga *et al.*, 1996). Lawrence *et al.* (1986), señalan que la inclusión de la harina de soya en una dieta para *L. schmitti* no afecta el crecimiento. Es posible sustituir hasta un 75 % de la harina de pescado por soya en una formulación para juveniles (Alvarez *et al.*, 2007).

CONCLUSIONES

Las investigaciones realizadas por el CIM, conjuntamente con los aportes de otras instituciones nacionales así como de otros países de Latinoamérica, contribuyeron a que *L. schmitti* constituyera la base de la camaronicultura en el país hasta inicios del presente siglo, donde se llegó a tener una producción anual de 2,238 t con rendimientos de hasta 1,259 kg/ha.

Los mejores resultados comerciales obtenidos a nivel mundial con *Litopenaeus vannamei*, hicieron que se abandonara el cultivo de *L. schmitti*, sin embargo los problemas de enfermedades y la preservación del medio ambiente, así como restricciones legales en diversos países sobre la introducción de especies exóticas, parecen

renovar el interés por el cultivo de especies nativas.

Existen aún muchas interrogantes a responder para poder comprender el comportamiento de *L. schmitti* ante determinado nutriente o alimento, lo que significa un reto para los nutricionistas de los países donde esta especie constituye un recurso importante y su cultivo en amplia escala podría eliminar los impactos negativos de la introducción de especies foráneas.

REFERENCIAS

- ALVAREZ, J.S., GALINDO J. y FRAGA I. (1991). Empleo de la sacharina en dietas para el camarón. IV Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar, Chile. Res.
- ALVAREZ, J.S., GALINDO J., FRAGA I., GARCÍA-GALANO T. y VILLARREAL H. (2004). Alternativas para obtener alimentos mas eficientes en el engorde semintensivo del camarón blanco *Litopenaeus schmitti*. Pp. 1-26. En Cruz Suárez, E., D. Ricque, N. López, D. Villarreal y M. González. *Avances en Nutrición Acuicola VII*. Memorias del VII Simposim Internacional de Nutrición Acuicola. 16-19 nov 2004, Hermosillo, México.
- ALVAREZ, J.S., VILLARREAL. H., GARCÍA-GALANO T., GALINDO J. y PELEGRIN E. (2005). Estimuladores del consumo de alimentos con alto contenido de harina de soya para el engorde del camarón *Litopenaeus schmitti*. *Rev. Invest. Mar.*, 26(3), 243-248.
- ALVAREZ, J.S., HERNÁNDEZ-LAMAS A., GALINDO J., FRAGA I., GARCÍA-GALANO T. y VILLARREAL H. (2007). Substitution of fishmeal with soybean meal in practical diets for juvenile white shrimp

- L. schmitti* (Pérez-Farfante y Kensley 1997). *Aquaculture Research*, 38, 689-695.
- BALSIDE, M.P., FRAGA I., GALINDO J. (2003). Inclusión de ensilado de pescado como alternativa en la elaboración de alimento extruido para el camarón de cultivo (*Litopenaeus schmitti*). <http://www.civa2003.org>, 303-309.
- BELTRAME, E. y ANDREATTA E. (1991). Maturacao em cautiveiro do camarao legitimo, *Penaeus schmitti* Buerkenroad. Estudio dos parâmetros de productividade reproductiva. VII Congreso Brasileiro de Engenharia de Pesca, Santos, SP., Res.
- BIESIOT, P.M. y CAPUZZO J.M. (1990). Changes in digestive enzyme activities during early development of the American lobster *Homarus americanus* Milne Edwards. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 136(2), 107-122.
- CARRILLO, O., FORRELLAT A., y GONZÁLEZ R. (1994). Procedimiento de obtención de hepatopancreatina de camarón. Patente de invención C12N9/94.
- CARRILLO, O. (1997). Regulación de la digestión en camarones. En: *2do. Taller La Bioquímica en Biotecnología Marina*. La Habana, 10-13 Dic. 1997.
- CARRILLO, O., VEGA-VILLASANTE, F., NOLASCO, H. y GALLARDO N. (2000). Aditivos alimentarios como estimuladores de crecimiento del camarón. En E. Cruz Suarez, D. Ricque-Marie, M. Tapia-Salazar, M.A. Olvera-Novoa y R. Civera-Cerecedo (Eds.), *Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola* (pp. 90-101). 19-22 Noviembre, 2000, Mérida, Yucatán, México..
- CARRILLO, O. (2007). Harina de soya. En T. García-Galano, H. Villarreal y J. Fenucci (Eds.). *Manual de ingredientes proteicos y aditivos empleados en la formulación de alimentos balanceados para camarones peneidos* (pp. 108-120). EUDEM, Argentina. ISBN:978-987-1371-02.
- CARRILLO, O. y FORRELLAT A. (2008). Métodos utilizados por el Centro de Investigaciones Marinas y la Facultad de Biología, Universidad de La Habana, Cuba para digestibilidad *in vitro* de dietas para camarón. En E. Cruz, H. Villarreal y M. Tapia (Eds.), *Manual de Metodologías de digestibilidad in vivo e in vitro de ingredientes y dietas para camarón* (pp. 207-2014). Universidad Nacional Autónoma de Nuevo León. ISBN 978-607-403-020-5
- CARRILLO, O., FORRELLAT A., GALVÁN S. y VEGA F. (2007). A Review of Digestive Enzyme Activity in Penaeid Shrimp. *Crustaceana*, 80, 257-275
- CHEN, H.Y. (1993). Recent advances in nutrition of *Penaeus monodon*. *J. World Aquaculture Soc.*, 24(2).
- CUZÓN, G. y GUILLAUME J. (1997). *Energy and protein/energy ratio. Book on Crustaceans Nutrition*. IWGCN, WAS, Baton Rouge, Louisiana, USA, pp. 51-70.
- CUZÓN, G., LAWRENCE A., GAXIOLA G., ROSAS C. y GUILLAUME J. (2004). Nutrition of *Litopenaeus vannamei* reared in tanks and ponds. *Aquaculture*, 25, 513-551.
- DE ARAZOSA, M.; GONZÁLEZ, R. y CARRILLO, O. (1996). Actividad inhibidora de tripsina en el hepatopáncreas de *P. schmitti*. Taller Internacional de Nutrición y Enfermedades de especies acuícolas cultivables. En O. Carrillo y R. González, *Control de la Digestión en Camarones* (pp. 138-148). Civera-Cerecedo, C.J.

- Pérez Estrada, D. Ricque-Marie y E. Cruz Suarez (Eds.) *Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. Noviembre 15-18 (1998). La Paz, B.C.S. México.
- DE ARAZOZA, M., GONZALEZ, R. y CARRILLO, O. (2001). Inhibidor endógeno de tripsina en el hepatopaneas de camarones peneidos. *Revista Cubana de Química*, 12(2), ISSN-058-5995 (short communication)
- DE ARAZOZA, M., DEL MONTE, A. MARAÑON, V. y CARRILLO, O. (2002). Aislamiento y purificación de un inhibidor de tripsina del hepatopaneas de camarón. Civa 2002 (<http://www.civa2002.org>): 189-197
- DEL MONTE A., NOLASCO H., FORRELLAT A., ARAGÓN C., GARCÍA A., DÍAZ J., CARRILLO O. (2002). Evidencias de la presencia de lipasas en el hepatopáncreas de *Litopenaeus schmitti*. Civa 2002 (<http://www.civa2002.org>): 207-222
- DEVRESSE, B. (2000). Un Nuevo nutriente para el sistema inmunológico de los camarones: los nucleótidos. *Panorama Acuícola*, 5(2), 35-37.
- DÍAZ GRANDA, A.E. (1997). *Horarios de alimentación del camarón Penaeus schmitti em condiciones de cultivo semi-intensivo*. (Tesis de Maestría). Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de La Habana, Cuba
- FANG, L. y LEE, B. (1992). Ontogenetic changes of digestive enzymes in *P. monodon*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 103b, 1033-1037
- FERNÁNDEZ, I., VAN-WORMHOUDT, A., EDEMAR, R., BELTRAME, E., VINATEA, E., OLIVERA, A., (1995). Efecto de las hormonas esteroidales sobre la síntesis de proteínas (*in vitro*) en *Palaemon serratus* y el crecimiento (*in vivo*) en el camarón blanco *Penaeus schmitti*. Primer Taller Internacional: La Bioquímica en la Biotecnología Marina. La Habana, Cuba.
- FORRELLAT, A., GONZÁLEZ, R., CARRILLO, O., COLLAZO T. y GALLARDO N. (1990). Caracterización y estabilidad de la hepatopaneatina de *Penaeus schmitti* para ser utilizada como reactivo biológico. *Rev. Invest. Mar.*, 11(1), 81-86.
- FORRELLAT, A. (1998). *El hepatopáncreas de camarón como fuente de enzimas para la camaronicultura*. (Tesis para optar por el grado de Doctor en Ciencias Biológicas). Universidad de La Habana, Cuba.
- FOX, D.L., BROWN J.H. y BRIGGS M. (1994). The nutrition of prawn and shrimp in aquaculture, a review. Pp 132-205. En: Muir, J.P. y R.J. Roberts (Edits). *Recent advances in aquaculture*, 5. Blackwell Sc. Ltd. Oxford, England.
- FRAGA, I., GALINDO, J., REYES, R., ALVAREZ, S., GALLARDO, No., FORRELLAT, A. y GONZÁLEZ, R. (1996). Evaluación de diferentes fuentes proteicas para la alimentación de camarón blanco *P. schmitti*. *Rev. Cub. Invest. Pesq.*, 20, 6-9.
- GALINDO, J., I. FRAGA, J.S. ALVAREZ, R. REYES, R. GONZÁLEZ y R. CARTAYA (1992a). Requerimientos proteicos en juveniles de camarón blanco *Penaeus schmitti*. *Rev. Cub. Invest. Pesq.*, 17(1), 47-57).
- GALINDO, J., I. FRAGA, J.S. ALVAREZ, R. REYES, B. JAIME e I. FERNÁNDEZ (1992b). Requerimientos de lípidos en juveniles de camarón blanco *Penaeus schmitti*. *Rev. Cub. Invest. Pesq.*, 17(2), 14-24.
- GALINDO, J., FRAGA, I., DE ARAZOZA, M. FAJER, E., GONZÁLEZ R., FORRELLAT, A. (2001). Evaluación de diferentes

- niveles de proteína en el crecimiento de juveniles de camarón rosado *Penaeus notialis*. *Rev. Invest. Mar.*, 22, 39-44
- GALINDO J., FRAGA I., DE ARAZOSA M., ALVAREZ J.S., RAMOS D. y GONZÁLEZ R. (2002). Requerimientos nutricionales en juveniles de camarón blanco (*Litopenaeus schmitti*): evaluación de dietas prácticas. (<http://www.civa2002.org>), 84-94.
- GALINDO, J., FRAGA I., FORRELLAT A, PELEGRÍN E., CRUZ Y., ÁLVAREZ J.S. y ROJAS G. (2009). Evaluación de diferentes relaciones de proteína animal y vegetal en la dieta de juveniles de camarón blanco *Litopenaeus schmitti*. *Rev. Cub. Invest. Pesq.*, 26(1), 1-8
- GALLARDO N., FORRELLAT, A., GONZÁLEZ, R. y CARRILLO, O. (1989). Una aproximación a los requerimientos de aminoácidos esenciales de *Penaeus schmitti*. *Rev. Invest. Mar.*, 10, 259-263
- GALLARDO, N., SOTOMAYOR, H., RODRÍGUEZ, J., GONZÁLEZ, R., CARRILLO, O., GONZÁLEZ-SUÁREZ, R., (1994). *Insulina inmunoreactiva aislada de la langosta Panulirus argus para ser utilizada como factor de crecimiento en crustáceos*. Publicado en soporte magnético por la empresa SOFTCAL, 1-6.
- GALLARDO, N., CARRILLO, O., MOLTÓ, E., GONZÁLEZ, R., CARRASCOSA, J.M., ROSS, M. y ANDRÉS, A. (2003). Isolation and biological characterization of a 6 kDa protein from hepatopancreas of lobster *Panulirus argus* with insulin-like effects. *General and Comparative Endocrinology*, 131, 284-290
- GARCÍA CARREÑO, F., CARRILLO, O. y NAVARRETE, A. (1999). *Control of digestive functions in shrimp. I. An inhibitor of trypsin activity in the hepatopancreas. Crustaceans and the biodiversity crisis*. Ed. Fr.R. Schram & Von Vaupel Klein Brill, Leiden, Boston, pp. 915-922.
- GARCÍA-GALANO, T., FERNÁNDEZ, I., JAIME B. y GARCÍA, E. (1989). The effect of vegetal/animal oil ratio on the growth and survival of *Penaeus schmitti* postlarvae. 1st. Iberoamerican Congress on Biotechnology, Havana, Res.
- GARCÍA-GALANO, T. y JAIME, B. (1990). Utilización de la harina de lombriz de tierra *Eudrilus eugeniae* en la alimentación de postlarvas del camarón blanco *Penaeus schmitti*. *Rev. Invest. Mar.*, 11(2), 147-155.
- GARCÍA-GALANO, T. y GALINDO, J. (1990). Requerimientos de proteína en postlarvas de *Penaeus schmitti*. *Rev. Invest. Mar.*, 11(3), 247-250.
- GARCÍA-GALANO, T., GAXIOLA, G. y JAIME, B. (1990). Effects of protein/energy ratios on the growth and survival of *Penaeus schmitti* postlarvae. *World Aquaculture*, Halifax, Canada, Res.
- GARCÍA-GALANO, T., JAIME, B. y GARCÍA, V. (1992). Crecimiento de postlarvas de camarón blanco, *Penaeus schmitti*, utilizando diferentes aglutinantes en las dietas. *Rev. Invest. Mar.*, 13(1), 87-91.
- GARCÍA-GALANO, T. (1997). Avances en el conocimiento de la nutrición de los camarones peneidos. En *Memorias del Taller La investigación científica en peneidos de Iberoamérica* (pp. 47-60), CYTED, CENAIM, Ecuador, junio/96.
- GARCÍA-GALANO, T., MÁRQUEZ, G., CARRILLO, O., GELABERT, R, VIDAL, L. y BÉCQUER, U. (1997). Evaluación de la levadura torula seca en dietas artificiales para la alimentación de larvas y postlarvas del camarón blanco *Penaeus schmitti*. En *Memorias IV Congreso Ecuatoriano de Acuicultura* (pp. 32-33), Guayaquil.

- GARCÍA-GALANO, T., ALFONSO, E. y JAIME, B. (1999). Evaluación de la lombriz de tierra *Eudrilus eugeniae* en la alimentación de camarones peneidos. En L.E. Cruz Suárez, D. Ricque y R. Mendoza. *Avances en Nutrición Acuícola III. Memorias del III Simposium Internacional de Nutrición Acuicola*, 11-13 Nov, 1996, Monterrey, México.
- GARCÍA-GALANO, T., CARRILLO, O. y HERNÁNDEZ, I. (2002). Calidad nutricional de dos fracciones de la levadura torula: *Litopenaeus schmitti*, un caso de estudio. En: L.E. Cruz-Suárez, D. Ricque-Marie, M. Tapia-Salazar, M. Gaxiola-Cortés y N. Simoes, (Eds.), *Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuicola*. Cancún, México.
- GARCÍA-GALANO, T. (2006). Proteínas. En C. Rosas, O. Carrillo, R. Wilson y E. R. Andreatta (Eds.), *Estado actual y perspectivas de la nutrición de los camarones peneidos cultivados en Iberoamérica* (pp. 127-141). CYTED-UNAM, México.
- GARCÍA-GALANO, T. (2007). Levaduras. En T. García-Galano, H. Villarreal y J. Fenucci (Eds.), *Manual de ingredientes proteicos y aditivos empleados en la formulación de alimentos balanceados para camarones peneidos* (pp. 187-194). EUDEM, Argentina, ISBN:978-987-1371-02.
- GAXIOLA, G., GARCÍA-GALANO, T. y JAIME, B. (1996). Evaluación de diferentes razones de proteína animal/vegetal en dietas para postlarvas de camarón blanco *Penaeus schmitti* Burkenroad, 1936. *Rev. Invest. Mar.*, 17(1), 73-84.
- GELABERT, R., ALFONSO, E., HERNÁNDEZ, O. y LEAL, S. (1988). Experiencias de alimentación de larvas del camarón *Penaeus schmitti* con levaduras obtenidas industrialmente. *Rev. Invest. Mar.*, 9(1), 59-69.
- GONZÁLEZ, R. (1998). *Variación de la actividad proteolítica y amilolítica en el hepatopáncreas de Penaeus schmitti; ontogenia y efecto de algunos factores externos e internos*. (Tesis para optar por el grado de Doctor en Ciencias Biológicas). Universidad de La Habana, Cuba.
- GONZÁLEZ, R., FRAGA V. y CARRILLO, O. (1994). Cambios ontogenéticos en la actividad de los principales enzimas digestivas de *Penaeus schmitti*. *Rev. Invest. Mar.*, 15, 262-267.
- GONZÁLEZ, R., GÓMEZ, M. y CARRILLO, O. (1995). Variaciones cronobiológicas en la actividad de las principales enzimas proteolíticas de *Penaeus schmitti* y *Penaeus notialis*. *Rev. Invest. Mar.*, 16, 177-183.
- GONZÁLEZ, R., SUÁREZ, A. y CARRILLO, O. (1997). Ritmo circadiano de las proteasas generales en adultos de *Penaeus schmitti*. 1. Efecto del horario de alimentación. *Rev. Invest. Mar.*, 18(2), 162-168.
- HSU, H.W., VAVAK, D.L., SATERLEE, L.D. y MILLER, G.A. (1977). A multienzyme technique for estimating protein digestibility. *J. Food Sci.*, 42, 1269-1273
- JAIME, B. y T. GARCÍA. (1992). Niveles de inclusión de harina de cefalotorax de langosta en dietas para postlarvas de camarón. *Rev. Invest. Mar.*, 13(2).
- JAIME, B., GARCÍA-GALANO, T. y FERNÁNDEZ, A. (1994). Uso del aceite de cachaza en la alimentación de postlarvas de

- camarón. *Rev. Cub. Inv. Pesq.*, 19(5), 15-19.
- JAIME, B., ARTILES, M., GALINDO, J. y FRAGA, I. (1996). Evaluación de alimentos microparticulados en el cultivo larval de *Penaeus schmitti*. *Rev. Cub. Inv. Pesq.*, 20(2), 22-24.
- JAIME, B., VILLARREAL, H., GARCÍA-GALANO, T., CIVERA, R. y GAXIOLA, G. (2004). Empleo del polvo de *Spirulina platensis* en la alimentación de zoeas y mysis de *Litopenaeus schmitti* (Pérez-Farfante y Kensley), 1997. En L.E. Cruz Suárez, D. Ricque, M.G. Nieto, D. Villarreal, U. Scholz y M. González. *Avances en Nutrición Acuícola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*, 16-19 Nov, 2004, Hermosillo, Sonora, México.
- JAIME, B., VILLARREAL, H., GARCÍA-GALANO, T., PÉREZ, L. y ALFONSO, E. (2005). Effect of *Spirulina platensis* meal as feed additive on growth, survival and development in *Litopenaeus schmitti* shrimp larvae. *Rev. Invest. Mar.*, 26(3), 235-241.
- JAIME, B., HERNÁNDEZ-LLAMAS, GARCÍA-GALANO, T. y VILLARREAL, H. (2006). Substitution of *Chaetoceros muelleri* by *Spirulina platensis* meal in diets for *Litopenaeus schmitti* larvae. *Aquaculture*, 260, 215-220.
- LATSCHA, T. (1989). The role of astaxanthin in shrimp pigmentation. *Advances in Tropical Aquaculture. Aquacop*, IFREMER, Actes de Collogue, 9, 319-325.
- LAUBIER-BONICHON, A., VAN WORMHOUDT, A. y SELLOS, D. (1977). Croissance larvaire controlée de *Penaeus japonicus* Bate. *Enzymes digestives et changements des regimes alimentaires. Act. coll. CNEXO*, 4, 131-145.
- LAWRENCE, A.L., CASTILLE, F., STURMERY, L. y AKIYAMA, D. (1986). Nutritional response of marine shrimp to different levels of soybean meal in feeds. *Asa/México, am. Soybean Assoc*, 58(1-5).
- LEMONS, D., GARCÍA CARREÑO, F.L., HERNÁNDEZ, P., NAVARRETE DEL TORO, A. (2002). Ontogenetic variation in digestive proteinase activity, RNA and DNA content of larval and postlarval white shrimp *Litopenaeus schmitti*. *Aquaculture*, 214, 363-380.
- LOVETT, D. L. y FELDER, D.L. (1990). Ontogenetic change in digestive enzyme activity of larval and postlarval of the white shrimp *Penaeus setiferus* (Crustacea: Decapoda: Penaeidae). *Biol. Bull.*, 178, 144-159.
- MUSTAFA, M.G. y NAKAGAWA, H. (1995). A review: *Dietary benefits of algae as an additive in fish feed*. *Bamidgeh*, 47(3-4), 155-162.
- NASCIMENTO, I.A., BRAY, W.A., LEUNG TRUJILLO, J.R. y LAWRENCE, A.L. (1991). Reproduction of ablated and un-ablated *Penaeus schmitti* in captivity using diets consisting of fresh-frozen natural and dried formulated feeds. *Aquaculture*, 99, 387-398.
- NEWMAN, S. (2002). Nucleotides: a critical nutrient for aquaculture?. *Panorama Acuicola*, 7(3), 38-39.
- OTERO, M.A. (1985). *Proteína unicelular para consumo humano*. ICIDCA, Edit. Científico Técnica, Cuba.
- OTERO, M.A., VASALLO, M.C., VERDECIA, O., FERNÁNDEZ, V., BETANCOUT, D. (1996). A process for the complete fractionation of bakers yeast. *J. Chem. Tech. Biotechnol.*, 67, 67-71.
- PASCUAL, C. (2007). Inmunoestimulantes. En T. García-Galano, H. Villarreal

- y J. Fenucci (Eds.). *Manual de ingredientes proteicos y aditivos empleados en la formulación de alimentos balanceados para camarones peneidos*. EUDEM, Argentina, ISBN:978-987-1371-02-0
- PEREZ, L., JAIME, J. y GARCÍA-GALANO, T. (1996). Efecto de dietas peletizadas en la respuesta reproductiva del camarón blanco *Penaeus schmitti*. *Rev. Invest. Mar.*, 17(2-3), 223-230.
- RAMOS, L., GARCÍA-GALANO, T. y BAGUR, V. (1987). Frecuencia de alimentación y utilización de la lombriz de tierra en la dieta de *Penaeus schmitti* con maduración inducida. I Congreso Ciencias del Mar, La Habana, Res.
- RAMOS, L. y GARCÍA-GALANO, T. (1992). Maduración y reproducción de *Penaeus schmitti*, utilizando como complemento de la alimentación diferentes dietas pelletizadas. *Rev. Invest. Mar.*, 13(2), 159-164
- ROSAS, L., SÁNCHEZ, A., DIAZ, E., SOTO, L., GAXIOLA, G., BRITO, R., BÁEZ, M. y PEDROZA, R. (1995). Oxygen consumption and ammonia excretion of *Penaeus setiferus*, *P. schmitti*, *P. duorarum* y *P. notialis* postlarvae fed purified test diets: effect of protein levels on substrate metabolism. *Aquatic Living Resour.*, 8, 161-169
- SAMPAIO, M.G., NASCIMENTO, I., FENUCCI, J. y PEREIRA, S. (1999). Maduración de *Penaeus schmitti* y *Penaeus penicillatus* utilizando dietas preparadas y naturales. *Rev. Invest. Mar.*, 20(1-3), 68-74.
- VAN WORMHOUDT, A. (1980). *Adaptation des activites digestives de leurs cycles et de leur controle, aux facteurs du milieu chez Palaemon serratus (Crustacea: Decapoda: Natantia)*. (These presentee a l'Universite d'Aix-Marseilli II pour obtenir le grade de Doctor d'Etat es Sciences).
- VEGA-VILLASANTE, F., NOLASCO, H., ADYARY FALLARERO, H., CARRILLO-FARNÉS, O. (2002). Biochemical characterization of crude extract from *Pleuroncodes planipes* (Crustacea: Galatheididae) as potential feed additive, considerations for a new fishery along the Mexico Pacific Coast. *Hidrobiológica*, 12(2), 119-128.
- YAMADA, S., TANAKA, Y., SAMESHIMA, M. y ITO, Y. (1990). Pigmentation of prawn (*Penaeus japonicus*) with carotenoids. I. Effect of dietary astaxanthin, beta carotene and canthaxanthin pigmentation. *Aquaculture*, 87, 323-330.