CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS DEL NOROESTE, S.C.

Programa de Estudios de Posgrado

SUSTITUCIÓN DE HARINA DE PESCADO POR HARINA DE SOYA E INCLUSIÓN DE ADITIVOS EN EL ALIMENTO A FIN DE MEJORAR LA ENGORDA DEL CAMARÓN BLANCO *LITOPENAEUS SCHMITTI*

TESIS

Que para obtener el grado de

Doctor en Ciencias

Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales
(Orientación en Acuacultura)

Presenta

Josefa Susana Álvarez Capote

La Paz, B.C.S., febrero 2007

COMITÉ TUTORIAL Y DE REVISIÓN DE TESIS

DIRECTOR DE TESIS: DR. HUMBERTO VILLARREAL COLMENARES

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. Mar Bermejo No 195 Col Playa

Palo de Santa Rita. La Paz, 23090, Baja California Sur. México.

DRA TSAI GARCIA GALANO

Centro de Investigaciones Marinas- Universidad de la Habana

Ave 16 entre 1ra. y 3ra. Miramar, Playa, Ciudad de la Habana, Cuba.

DR. ALFREDO HERNÁNDEZ LLAMAS

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. Mar Bermejo No 195.Col Playa

Palo de Santa Rita. La Paz, 23090, Baja California Sur. México.

DR. ROBERTO CIVERA CERECEDO

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. Mar Bermejo No 195.Col Playa

Palo de Santa Rita. La Paz, 23090, Baja California Sur. México.

DR. HECTOR NOLASCO SORIA

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. Mar Bermejo No 195.Col Playa

Palo de Santa Rita. La Paz, 23090, Baja California Sur. México.

JURADO DE EXAMEN DE GRADO

DR. HUMBERTO VILLARREAL COLMENARES	CIBNOR, S. C.
DR. ALFREDO HERNÁNDEZ LLAMAS	CIBNOR, S. C.
DR. ROBERTO CIVERA CERECEDO	CIBNOR, S. C.
DR. EDILMAR CORTES JACINTO	CIBNOR, S. C.
DR. ANGEL ISIDRO CAMPA CORDOVA	CIBNOR, S.C.
DR. JOSE MANUEL MAZON SUASTEGUI (SUPLENTE)	CIBNOR, S.C.

RESUMEN

Ante la necesidad de hacer de la camaronicultura cubana una actividad rentable y conociendo la incidencia que tiene el alimento en los costos de producción de una granja, se desarrollaron investigaciones dirigidas a evaluar el empleo de nuevas formulaciones con el objetivo de mejorar la engorda del camarón blanco *Litopenaeus schmitti*, con una mayor tasa de crecimiento y reducción de los costos por concepto de alimentación. Para ello se desarrollaron cinco diseños experimentales completamente aleatorizados, con tres repeticiones por tratamiento. En todos los casos fueron utilizados juveniles de 0.2 -0.5g procedentes del área de precría del Centro de Obtención y Cría de Larvas de Santa Cruz del Sur, Camaguey, o del área experimental del Complejo Camaronero de Tunas de Zaza, Sancti Spiritus. En un primer experimento fueron utilizados recipientes plásticos de 40 L de capacidad y 10 camarones/recipiente, para evaluar la respuesta de *L. schmitti* a la sustitución parcial y total (46, 59, 75, 88 y 100%) de harina de pescado por harina de soya, usando como control la formulación empleada en la engorda comercial en Cuba (S46), y determinar la sustitución óptima. Los resultados obtenidos a los 52 días mostraron que no hay diferencias significativas en peso final (P_f), factor de conversión del alimento (FCA) y eficiencia proteica (EP), al sustituir hasta 75% de la harina de pescado por harina de soya. Ajustes empleando el método de línea quebrada indicaron que 76.5± 2 % era el mejor porcentaje de sustitución en dietas donde sólo se encuentren presentes estos dos ingredientes como fuentes de proteína, y en ausencia de alimento natural. Un segundo experimento se realizó en estanques de tierra de 250 m^2 fertilizados y sembrados a una densidad de 10 camarones/m^2. Se evaluaron 3 formulaciones: S46 (control), S59 y S70, que sustituyó 70% de harina de pescado por harina de soya. Los resultados mostraron que S70 mejora significativamente el P_f (7.88g) respecto al obtenido con la dieta comercial S46 (7.00g). Se observó una tendencia del FCA a disminuir con el incremento en el porcentaje de sustitución (2.16, 1.92, 1.89), aunque las diferencias no fueron significativas entre los tratamientos. La supervivencia estuvo por encima del 80% en todos los casos. Con el empleo de S70 se disminuyó el costo del alimento (CA) y el costo de producción por concepto de alimentación (CP) en 8 y 19%, respectivamente. En el tercer experimento se utilizó el alimento S70 como control. Esta dieta contenía una elevada cantidad de harina de soya, que podía causar un efecto poco atrayente y palatable al alimento e incidir en la conversión alimenticia. Se decidió evaluar la capacidad de atracción, incitación y estimulación al consumo de este alimento, comparado con fórmulas donde se añadió harina de cabezas de camarón al 5% en sustitución de harina de pescado (CC5%), o un recubrimiento al alimento S70 con 0.5% de aceite de pescado (RAHT0.5%). Una vez determinada el efecto de estas dietas en el camarón, se realizó una evaluación en estanques. Los resultados indicaron que los aditivos brindan mayor poder de atracción y palatabilidad al alimento respecto a S70, además de permitir incrementos significativos del P_f (16 y 18%), la reducción del FCA (25%) y del CP (28%). La supervivencia se incrementó significativamente con valores de, respectivamente, 81, 90 y 92%, para S70, CC5% y RAHT0.5%. Aunque las dietas fueron isoproteicas, la proteína se utilizó en forma más eficiente en presencia de los aditivos. En un cuarto experimento se evaluó el uso de astaxantina, un pigmento carotenoide que puede incidir positivamente en el crecimiento del camarón. Se evaluaron dietas donde se utilizó como control el alimento S70 cubierto con

aceite de pescado. A esta fórmula se le adicionó por separado 25, 50, 75 ó 100 mg/kg de astaxantina. A los 45 días, las dietas con altas concentraciones de astaxantina (50, 75 y 100 mg/kg) presentaron valores significativamente superiores en P_f (33-36%), con valores significativamente más bajos del FCA (37%), indicando una alta asimilación de estas dietas. La supervivencia no presentó diferencias significativas, con valores entre 90 y 96.6%. Un análisis dosis-respuesta usando la curva sigmoidea (logística) y el modelo de cinética de saturación de 4 parámetros (SKM), sugirió que la concentración mínima de astaxantina que pudiera optimizar la respuesta productiva se encuentra entre 50 y 25 mg/kg. El quinto experimento se realizó en corrales de malla de 1 m^2, situados dentro de un estanque de tierra fertilizado de 0.1 ha. Se evaluó el control comercial (S46) y la dieta conteniendo 70% de sustitución de harina de pescado por harina de soya (S70), además de S70 con 5% de harina de cabezas de camarón (S70CC5), S70 con 50 mg/kg de astaxantina (S70A50) y S70 con las variantes optimizadas (S70A50CC5). Todos los alimentos fueron cubiertos por rociado con 0.5% de aceite de pescado, excepto el alimento S46. Cada alimento fue evaluado para 3 densidades (10, 15 y 20 camarones/m^2). Al emplear la formulación S70A50CC5, se logró un alimento nutricionalmente más eficiente, respecto al comercial S46. Este alimento permitió aumentar la densidad de siembra de 10 a 20 camarones/m^2 con incrementos del crecimiento superiores al 43% y reducciones del 49% en FCA. Esto redujo significativamente el CP (54-66%), dependiendo de la densidad. Los valores más altos de supervivencia (99%) se presentaron con los alimentos S70A50CC5 y S70A50. El efecto negativo más acentuado sobre el P_f y FCR se observó a 20 camarones/m^2 con las dietas S46 y S70.

Palabras claves: *Litopenaeus schmitti*, nutrition, harina de pescado, harina de soya, harina de cabezas de camarón, astaxantina.

ABSTRACT

Considering the need to help the Cuban shrimp culture industry remain profitable, and the impact that feeding has on production costs, a research series was designed to evaluate new formulations that improve white shrimp *Litopenaeus schmitti* growth and reduce feeding costs. Five completely randomized experiments with 3 replicates per treatment were conducted. Juveniles (0.2-0.5 g) from the experimental farm were used. Trials were conducted at the Centro de Obtención y Cría de Larvas de Santa Cruz del Sur, Camaguey, or at the Complejo Camaronero de Tunas de Zaza, Sancti Spiritus. In the first trial, 40-l plastic experimental units with 10 shrimp/unit were used to test the response of *L. schmitti* to the partial and total substitution (46, 59, 75, 88 y 100%) of fish meal by soy meal, using as control the formulation fed at commercial farms (S46), and defining the optimum level of substitution. After 52 days, results showed that there were no significant differences in final weight (Fw), food conversion rate (FCR) and protein efficiency (PE) when substituting up to 75% fish meal. The broken line analysis showed that 76.5 ± 2% fish meal substitution represents the optimum level, in diets where fish meal and soy meal are the only protein sources, and there is no natural productivity in the water. A second trail was conducted in 250 m^2 fertilized earthen ponds, stocked at 10 shrimp/m^2. Three formulations were tested: S46 (control), S59 and S70 that substituted 70% of the fish meal. Results showed that S70 significantly improves Fw (7.88 g) when compared with S46 (7.00 g). FCR tended to diminish with increased fish meal replacement (2.16, 1.92, 1.89). However, differences were not significant between treatments. Survival was over 80% in all cases. Using S70 resulted in a feed (FC) and production costs (PC) reduction of, respectively, 8 and 10%. In the third trial, S70 was used as control. This diet contained a high level of soy meal, which could cause palatability and atractability problems. The ability of 5% fish meal replacement by shrimp-head meal (CC5%) or S70 pellet spraying with 0.5% fish oil (RAHT0.5%) as attractants, exciters or stimulants was tested. A second evaluation in this trial was conducted in ponds. Results showed that the additives work as attractants, exciters and stimulants with respect to the control. Significant increases in Fw (16, 18%), and reductions in FCR (25%) and PC (28%) were obtained. Survival increased significantly with values of 81, 90 and 92% for S70, CC5% and RAHT0.5%. Even though diets were isoproteic, protein was used more efficiently in the presence of additives. A fourth experiment tested the use of astaxhantin, a carothenoid pigment that may positively affect shrimp growth. Oil-sprayed S70 was used as control. Diets that included 25, 50, 75 or 100 mg/kg astaxhantin were tested. After 45 days, diets with an astaxhantin concentration at least 50 mg/kg resulted in higher Fw (33-36%) and lower FCR (37%), which reflect better diet assimilation. Survival was over 90% for all treatments. A dose-response analysis using a logistic curve suggested that the astaxhantin level that optimizes the productive response may be found between 25 and 50 mg/kg astaxhantin inclusion. The fifth experiment was conducted in 1 m^2 enclosures inside a 0.1 ha fertilized pond. S46 was used as control. Diets S70, S70 with 5% shrimp-head meal (S70CC5), S70 with 50 mg/kg astaxhantin (S70A50) and S70 with both shrimp-head meal and astaxhantin (S70A50CC5) were tested. All diets were sprayed with 0.5% fish oil, except S46. Each diet was tested at three densities (10, 15 y 20 shrimp/m^2). Diet S70A50CC5 was nutritionally more efficient than the control (S46). This diet allowed density to increase to 20 shrimp/m^2, with growth rate increases of 43%,

and reductions of 49% in FCA. This significantly reduced CP (54-66%), depending on density. Higher survival values (99%) occurred when feeding S70A50CC5 or S70A50. Lower Fw an FCRs were observed at 20 shrimp/m^2 for diets S46 and S70.

Key words: *Litopenaeus schmitti*, nutrition, fish meal, soy meal, shrimp-head meal, astaxhantin.

DEDICATORIA

A MI MADRE

Por sus sacrificios en verme triunfar en la vida

A MI HIJA

Por ser mi mayor razón de vivir y esforzarme

A STEPHANIE

Por dar a mi vida un nuevo placer

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo brindado a través del programa de becas (182871) y financiamiento otorgado para la realización de este trabajo.

A la Dra. Adela Prieto por sus esfuerzos para que profesionales del Centro de Investigaciones Pesqueras de Cuba realizaran estudios de doctorado en el CIBNOR.

Al Ministerio de la Industria Pesquera y Centro de Investigaciones Pesqueras, ambos de Cuba, por darme la oportunidad de participar en este programa de formación científica.

Al Dr. Humberto Villarreal y Dra. Tsai García por la dirección y asesoría de esta investigación.

A los doctores Alfredo Hernández, Roberto Civera y Hector Nolasco por dedicarme parte de su valioso tiempo en enriquecer mi documento doctoral y responder a mis necesidades docentes.

Al Dr. Edilmar Cortés, Dra. Minerva Maldonado y Lic. Liz, por brindarme amistad y apoyo profesional.

A mis amigos mexicanos Lupita, Raúl y la Chula por la familiaridad brindada, algo que siempre necesité al estar alejada de mi hogar.

A todo el personal del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, B.C.S.

A mis grandes amigos cubanos Elda Pelegrin y José Galindo por su ayuda constante, respondiendo siempre ante mis necesidades personales y profesionales.

A mi familia y a todo mi colectivo de trabajo por su ayuda directa e indirecta en este empeño.

ÍNDICE GENERAL

Índice general i
Anexo. Lista de artículos, manuscritos y memórias em extenso iii
Lista de Figuras iv
Lista de Tablas v
Lista de Abreviaturas vii

Capítulo 1: INTRODUCCIÓN
1.1 Introducción 1
1.2 Clasificación taxonómica de *Litopenaeus schmitti* 3
1.3 Distribución geográfica de *Litopenaeus schmitti* 3
1.4 Sistemas de cultivo 4
1.5 Nutrición y alimentación de camarones peneidos 7
1.5.1 Factores que intervienen en el consumo del alimento 9
1.5.2 Características de ingredientes empleados en alimentos para camarón. 12
1.5.2.1 Ingredientes proteicos 12
1.5.2.2 Aditivos alimentarios 14
1.6 Antecedentes sobre cultivo, nutrición y alimentación de *Litopenaeus schmitti* 19
1.7 Justificación 21
1.8 Hipótesis 24
1.9 Objetivo general 24
1.10 Objetivos específicos 24

Capítulo 2: MATERIALES Y MÉTODOS
2.1 Condiciones para ensayos de laboratorio 26
2.2 Condiciones para ensayos de campo 27
2.3 Elaboración del alimento 31
2.4 Origen de los ingredientes 32
2.5 Análisis estadístico general 33
2.6 Características específicas de cada experimento 33
2.6.1 Experimento I. Sustitución de harina de pescado por harina de soya en dietas practicas para juveniles de camarón blanco *Litopenaeus schmitti* 33
2.6.2 Experimento II. Evaluación de dietas con diferentes contenidos de harina de soya en la engorda de juveniles de camarón blanco *Litopenaeus schmitti* en estanques fertilizados 35
2.6.3 Experimento III. Empleo de ingredientes estimuladores del consumo en alimentos con alto contenido de harina de soya para juveniles de *Litopenaeus schmitti* 37
2.6.4 Experimento IV. La astaxantina (*Carophyll pink*) como aditivo en dietas practicas para juveniles de camarón blanco *Litopenaeus schmitti* 40

2.6.5 Experimento V. Evaluación de dietas con alto contenido de harina de soya en sustitución de la harina de pescado, estimulantes del consumo y pigmento carotenoide astaxantina, en juveniles de *Litopenaeus schmitti* cultivado a diferentes densidades 42

Capitulo 3: RESULTADOS

3.1 Experimento I. Sustitución de harina de pescado por harina de soya en dietas practicas para juveniles de camarón blanco *Litopenaeus schmitti* 44

3.2 Experimento II. Evaluación de dietas con diferentes contenidos de harina de soya en la engorda de juveniles de camarón blanco *Litopenaeus schmitti* en estanques fertilizados 46

3.3 Experimento III. Empleo de ingredientes estimuladores del consumo en alimentos con alto contenido de harina de soya para juveniles de *Litopenaeus schmitti* 48

3.4 Experimento IV. La astaxantina (*Carophyll pink*) como aditivo en dietas practicas para juveniles de camarón blanco *Litopenaeus schmitti* 50

3.5 Experimento V. Evaluación de dietas con alto contenido de harina de soya en sustitución de la harina de pescado, estimulantes del consumo y pigmento carotenoide astaxantina, en juveniles de *Litopenaeus schmitti* cultivado a diferentes densidades 53

Capítulo 4: DISCUSIÓN

4.1 Experimento I. Sustitución de harina de pescado por harina de soya en dietas practicas para juveniles de camarón blanco *Litopenaeus schmitti* 60

4.2 Experimento II. Evaluación de dietas con diferentes contenidos de harina de soya en la engorda de juveniles de camarón blanco *Litopenaeus schmitti* en estanques fertilizados 62

4.3 Experimento III. Empleo de ingredientes estimuladores del consumo en alimentos con alto contenido de harina de soya para juveniles de *Litopenaeus schmitti* 63

4.4 Experimento IV. La astaxantina (*Carophyll pink*) como aditivo en dietas practicas para juveniles de camarón blanco *Litopenaeus schmitti* 65

4.5 Experimento V. Evaluación de dietas con alto contenido de harina de soya en sustitución de la harina de pescado, estimulantes del consumo y pigmento carotenoide astaxantina, en juveniles de *Litopenaeus schmitti* cultivado a diferentes densidades 67

Capitulo 5: CONCLUSIONES 72

Capitulo 6: RECOMENDACIONES 73

Capitulo 7: LITERATURA CITADA 74

ANEXO. Lista de artículos, manuscritos sometidos y memorias en extenso. 99

ARTICULOS EN REVISTAS CON ARBITRAJE

Alvarez, J. S, A. Hernández-Llamas, J. Galindo, I. Fraga, T. García y H. Villarreal. **Substitution of fishmeal with soybean meal in practical diets for juvenile white shrimp *Litopenaeus schmitti* (Farfante & Kensley, 1997).** *Aquacult. Res. (en prensa)*

Alvarez, J. S., H. Villarreal, T. García, J. Galindo y E. Pelegrin (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.

MANUSCRITOS SOMETIDOS A REVISTAS CON ARBITRAJE

Alvarez, J. S., A. Hernández-Llamas, T. García, J. Galindo, E. Pelegrin & H. Villarreal. **Astaxanthin (*Carophyll pink*) as additive in practical diets for juvenile southern white shrimp (*Litopenaeus schmitti*).** *Aquacult. Nutr.* (sometido,2006).

MEMORIAS EN EXTENSO CON ARBITRAJE

Alvarez, J. S, García, T., Villarreal, H., Galindo, J., Fraga, I. y Pelegrin, E. 2004. **Alternativas para obtener alimentos más eficientes en el engorde semintensivo del camarón blanco *Litopenaeus schmitti*.** In: Cruz-Suárez, L. E., Ricque Marie, D., Nieto, López, M. G., Villarreal, D., Scholz, U y González, M. 2004. Avances en Nutrición Acuícola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 16-19 Noviembre, 2004. Hermosillo, Sonora, México.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	TITULO	PAGINA
1	Papel del alimento natural y artificial en la nutrición de peces y crustáceos mantenidos en estanques bajo sistemas de cultivo diferentes.	4
2	Recipientes utilizados en las evaluaciones experimentales	26
3	Corrales de malla de 1 m^2, utilizados en ensayos de campo en el área experimental de estanques.	29
4	Aditamento para adicionar el alimento en los corrales experimentales.	30
5	Unidad experimental utilizada para evaluar la capacidad de atracción, incitación y estimulación al consumo de tres alimentos experimentales para la engorda de juveniles de *Litopenaeus schmitti.*	39
6	Efecto del porcentaje de sustitución de harina de pescado por harina de soya y nivel óptimo de sustitución en la dieta, de acuerdo al ajuste de curvas de regresión usando la ecuación cuadrática y el método de la línea quebrada, sobre el peso final (P_f, A), factor de conversión del alimento (FCA, B) y eficiencia proteica (EP, C) de juveniles de camarón blanco *Litopenaeus schmitti.*	45
7	Análisis dosis-respuesta usando una curva sigmoidea (Logística) y el modelo SKM para los diferentes niveles de astaxantina empleados en el alimento y la ganancia en peso, conversión del alimento y eficiencia proteica de *Litopenaeus schmitti*.	52
8	Peso final (P_f) de juveniles de *Litopenaeus schmitti* alimentados con diferentes dietas durante la engorda a diferentes densidades.	53
9	Factor de conversión alimenticia (FCA) de juveniles de *Litopenaeus schmitti* alimentados con diferentes dietas durante la engorda a diferentes densidades	55
10	Supervivencia (%) de juveniles de *Litopenaeus schmitti* alimentados con diferentes dietas durante la engorda a diferentes densidades.	56
11	Supervivencia (%) promedio de juveniles de *Litopenaeus schmitti* alimentados con diferentes dietas, independientemente de la densidad utilizada.	57

LISTA DE TABLAS

TABLA	TITULO	PAGINA
I	Composición química proximal (g/100g de materia seca) de las principales fuentes proteicas usadas en las dietas experimentales para juveniles de camarón blanco *Litopenaeus schmitti* y cuyos niveles variaron en las formulaciones.	34
II	Composición (g/100g) y análisis químico proximal (g/100g de peso seco) de las dietas experimentales con sustitución parcial y total de harina de pescado por harina de soya para la alimentación de juveniles de *Litopenaeus schmitti*.	34
III	Composición (g/100g) y análisis químico proximal (g/100g de peso seco) de alimentos con elevada inclusión de harina de soya utilizados en la engorda de juveniles de *Litopenaeus schmitti* en estanques de tierra.	36
IV	Composición (g/100g) y análisis químico proximal (g/100g de peso seco) de las dietas utilizadas para estimar el grado de estimulación al consumo en juveniles de *Litopenaeus schmitti*.	38
V	Composición (g/100g) de las formulaciones empleadas para determinar la respuesta de juveniles de *Litopenaeus schmitti* a dietas con inclusión de diferentes niveles de astaxantina (mg/kg).	41
VI	Análisis químico proximal (g/100g de peso seco) de las formulaciones empleadas para determinar la respuesta de juveniles de *Litopenaeus schmitti* ante la inclusión de diferentes niveles de astaxantina (mg/kg)	41
VII	Composición (g/100g) y análisis químico proximal (g/100g de peso seco) de los alimentos con alto contenido de harina de soya en sustitución de la harina de pescado, estimulantes del consumo y astaxantina, evaluados en jaulas	43
VIII	Valores promedio (±ES) para el peso final, factor de conversión del alimento (FCA) y eficiencia proteica (EP) de juveniles de *Litopenaeus schmitti* en relación a la sustitución parcial o total de harina de pescado por harina de soya en la dieta.	44
IX	Hidroestabilidad, expresada como el porcentaje de pérdida de materia seca, de dietas experimentales (promedio ± ES) para diferentes tiempos de inmersión en agua.	46
X	Promedio (± DE) del peso final ($P_{f)}$, factor de conversión del alimento (FCA) y supervivencia (S), de *Litopenaeus schmitti* alimentado con dietas con diferentes contenidos de harina de soya, después de 63 días de engorda	47
XI	Costo del alimento (CA) y de la producción (CP) durante la engorda de *Litopenaeus schmitti*, con dietas experimentales de diferente contenido de harina de soya en sustitución de la harina de pescado.	47

TABLA	TITULO	PAGINA
XII	Respuesta de juveniles de *Litopenaeus schmitti* ante la capacidad de atracción, incitación y estimulación al consumo de diferentes alimentos experimentales	48
XIII	Valores promedio (DE) del peso final (Pf), factor de conversión del alimento (FCA), eficiencia proteica (EP) y supervivencia (S) de *Litopenaeus schmitti* alimentado con dietas enriquecidas con estimuladores del consumo.	49
XIV	Costo del alimento (CA) y de la producción (CP) durante la engorda de *Litopenaeus schmitti*, con dietas experimentales de diferente contenido de harina de soya en sustitución de la harina de pescado y estimuladores del consumo.	50
XV	Valores promedio (±ES) para el peso final (Pf), factor de conversión del alimento (FCA), ganancia en peso (GP), eficiencia proteica (EP) y supervivencia (S), de juveniles de *Litopenaeus schmitti* alimentados con dietas conteniendo diferentes inclusiones de astaxantina	51
XVI	Costos de producción (US$/kg) por kilogramo de camarón *Litopenaeus schmitti* producido con cada uno de los alimentos empleados a densidades de 10, 15 y 20 camarones/m^2	58
XVII	Comparación del peso final (P_f), factor de conversión del alimento (FCA), supervivencia (S) y costo de producción (CP) de juveniles de *Litopenaeus schmitti* alimentados con dietas S70, S70A50 y S70CC5 a diferentes densidades (10, 15 y 20 camarones/m^2).	58
XVIII	Comparación del peso final (P_f), factor de conversión del alimento (FCA), supervivencia (S) y costos de producción (CP) de juveniles de *Litopenaeus schmitti* alimentados con las dietas S70A50 y S70A50CC5 a diferentes densidades de siembra (D10, D15 D20, respectivamente, 10, 15 y 20 camarones/m^2).	59
XIX	Comparación del peso final (P_f), factor de conversión del alimento (FCA), supervivencia (S) y costos de producción (CP) de juveniles de *Litopenaeus schmitti* alimentados con las dietas S46 y S70A50CC5 a diferentes densidades de siembra (D10, D15 D20, respectivamente, 10, 15 y 20 camarones/m^2).	59

LISTA DE ABREVIATURAS

US$/kg = Dolar estadounidenses por kilogramo del producto

ha = Hectárea

kg/ha = Kilogramo por hectárea

μm = Micrómetro

AAE = Aminoácidos esenciales

PUFA = Ácidos grasos polinsaturados

HUFA= Ácidos grasos altamente insaturados

EPA= Ácido graso Eicosapentaenoico

DHA = Ácido graso Docosahexaenoico

Ca = Calcio

Zn = Zinc

Mg = Magnesio

Fe = Hierro

P = Fósforo

DE = Desviación Estándar

ES = Error Estándar

EE = Extracto etéreo

ELN = Extracto Libre de Nitrógeno

PMS = Pérdida de materia seca

m = Metro

m^2 = Metro cuadrado

g = Gramo

mg = Miligramo

kg = Kilogramo

mg/kg = Miligramo por kilogramo

g/100g = Gramos por 100gramos

L = Litro

mg/L= Miligramo por litro

ups = Unidades prácticas de salinidad

ºC = Temperatura en grados Celsius

UV = Luz Ultravioleta

UI = Unidades Internacionales

t = Tonelada

h = Hora

min = Minuto

cm = Centímetro

mm= Milímetro

P_f = Peso medio final

P_i = Peso medio inicia

GP = Ganancia en peso

N_f = Número de animales al final

N_i = Número de animales al inicio

B_f = Biomasa final

B_i = Biomasa inicial

S = Supervivencia

FCA = Factor de Conversión del alimento

EP = Eficiencia proteica

CP = Costo de producción

CA = Costo del alimento

Pc = Harina de pescado

Sb = Harina de soya desgrasada

S46 = Alimento comercial donde se sustituye 46 % de Pc por Sb

S59 =. Alimento donde se sustituye 59 % de Pc por Sb

S70 = Alimento donde se sustituye 70 % de Pc por Sb

S75 = Alimento donde se sustituye 75 % de Pc por Sb

S88 = Alimento donde se sustituye 88 % de Pc por Sb

S100 = Alimento donde se sustituye el 100 % de Pc por Sb

RAHT 0.5% = Alimento S70 cubierto con 0.5% de aceite de pescado

CC = Harina de cabeza de camarón

CC5% = Alimento S70 más CC incluida al 5% sustituyendo Pc

A = Pigmento carotenoide astaxantina

S70A25 = Alimento S70 cubierto con 0.5% de aceite de pescado y A incluida a 25mg/kg

S70A50 = Alimento S70 cubierto con 0.5% de aceite de pescado y A incluida a 50mg/kg

S70A75 = Alimento S70 cubierto con 0.5% de aceite de pescado y A incluida a 75mg/kg

S70A100 = Alimento S70 cubierto con 0.5% de aceite de pescado y A incluida a 100mg/kg

S70CC5 = Alimento S70 cubierto con 0.5% de aceite de pescado y CC incluida al 5%

S70A50CC5 = Alimento S70 cubierto con 0.5% de aceite de pescado, A incluida a 50mg/kg y CC incluida al 5%

D10 = Densidad de 10 camarones/m^2

D15 = Densidad de 15 camarones/m^2

D20 = Densidad de 20 camarones/m^2

Capitulo 1: INTRODUCCION

1.1 Introducción

El crecimiento vertiginoso de la población ha provocado que la explotación de muchas especies marinas haya alcanzado su rendimiento máximo sostenible, mientras que otras especies son sobre-explotadas y están en peligro de extinción. Por eso, el hombre ha recurrido al cultivo artificial de algunas de ellas, como forma de preservar las poblaciones naturales y lograr el incremento en la producción de alimentos que se requiere (Rosenberry, 2004). El cultivo de camarón, a pesar de las variaciones de la producción en los últimos años, constituye uno de los cultivos más importantes a escala mundial (Muñoz, 2004). En 1980 menos del 1% del camarón producido provenía de granjas camaroneras comerciales, habiéndose incrementado de forma acelerada, por lo se estima que en un futuro cercano alcance el 50% de la producción mundial (Rosenberry, 2004).

Entre las características que favorecen el cultivo de los camarones peneidos se encuentran: ciclo de vida corto, alta fecundidad, baja tasa de mortalidad en el cultivo, crecimiento rápido, respuesta positiva a la suplementación alimenticia, resistencia a cambios ambientales y alto valor comercial (Muñoz, 2004).

Los crustáceos, y en particular los camarones peneidos, ocupan un lugar destacado en la acuicultura a escala mundial debido a los buenos precios que mantienen en el mercado internacional, lo que ha propiciado un ritmo de desarrollo acelerado (Rosenberry, 2004).

Actualmente la acuicultura se practica en muchos países del mundo, con diversos grados de avance. Los países que realizan los mayores aportes en volumen son China, Vietnam y Tailandia (Rosenberry, 2004).

En granjas de América Latina, el camarón blanco del Pacifico (*Litopenaeus vannamei*) domina la producción (> 90% del total). Entre otras especies que se han cultivado en América Latina, se incluyen *L. setiferus, L. schmitti, L. occidentalis, Farfantepenaeus californiensis, F. paulensis, F. brasiliensis, F. duorarum,* y en Asia el *Penaeus monodon, Marsupenaeus japonicus, Fenneropenaeus chinensis, Fen. penicillatus, Fen. indicus* y *Fen. merguiensis.* El predominio de unas pocas especies en la producción comercial probablemente se mantendrá por un tiempo, aunque hay estudios en progreso en varios países para evaluar el potencial de cultivo de unas 15 especies adicionales de camarones, por lo que es factible que otras especies serán producidas en granjas en el futuro (Jory, 2001).

Los camarones marinos en Cuba constituyen el segundo reglón exportable por concepto de producto pesquero, con volúmenes de captura anual promedio de 1,451 toneladas en los últimos 5 años (Base de datos pesqueros del Centro de Investigaciones Pesqueras, Cuba, 2005). Las especies de camarón más importantes en la plataforma insular son el rosado *Farfantepenaeus notialis* y el blanco *L. schmitti*. La primera representa las mayores capturas en arrastres comerciales silvestres y, aunque se ha intentado su cultivo, éste ha presentado problemas en la fase de engorda. La segunda es la especie que se ha cultivado con éxito a escala comercial, con rendimientos promedio de 1,000 kg/ha.

1.2 Clasificación taxonómica de *Litopenaeus schmitti*

PHYLUM	Artrópoda
SUBPHYLUM	Crustácea
CLASE	Malacostraca
SUBCLASE	Eumalacostraca
SUPERORDEN	Eucárida
ORDEN	Decápoda
SUPERFAMILIA	Penaeoidea
FAMILIA	Penaeidae
GÉNERO	*Litopenaeus*
ESPECIE	*schmitti*

A partir del reporte de Pérez-Farfante y Kensley (1997), el nombre genérico de los camarones del género *Penaeus* se diversificó en seis nuevos géneros, agrupándose las especies americanas en dos grandes grupos cuya diferencia morfológica más apreciable se refiere al canal rostral, que en unos llega hasta la parte posterior del caparazón (acanalados), siendo agrupados en el género *Farfantepenaeus,* y los no acanalados o blancos, en el género *Litopenaeus*.

1.3 Distribución geográfica de *L. schmitti*

El camarón *blanco L. schmitti*, habita en fondos suaves fangosos o arenosos a profundidades desde 2 m, siendo más abundante entre 15 y 30 m. Los juveniles se encuentran en aguas estuarinas y los adultos son marinos. Está presente en el Atlántico

occidental, centro y sur de América. La especie es considerada de importancia comercial en las pesquerías de Cuba, Belice, Honduras, Nicaragua, Colombia, Venezuela, Guyana, Surinam y a todo lo largo de las costas de Brasil. Aunque la tecnología de producción ha tenido poco desarrollo en la región, en Cuba ha sido cultivada a escala comercial y se domina su ciclo completo.

1.4 Sistemas de cultivo

La nutrición óptima de una especie depende de la disponibilidad de nutrientes en los alimentos naturales y de los alimentos balanceados. En estanques con menor biomasa de camarón, la contribución de nutrientes del alimento natural es mayor (Tacon, 1996). Por lo tanto, los nutrientes proporcionados por los alimentos balanceados pueden ser menores. La Figura 1 (tomada de Tacon, 1989) muestra de forma resumida las diferentes formas de cultivo, la participación del alimento natural y artificial y características generales en cada una en dependencia de las densidades de siembra.

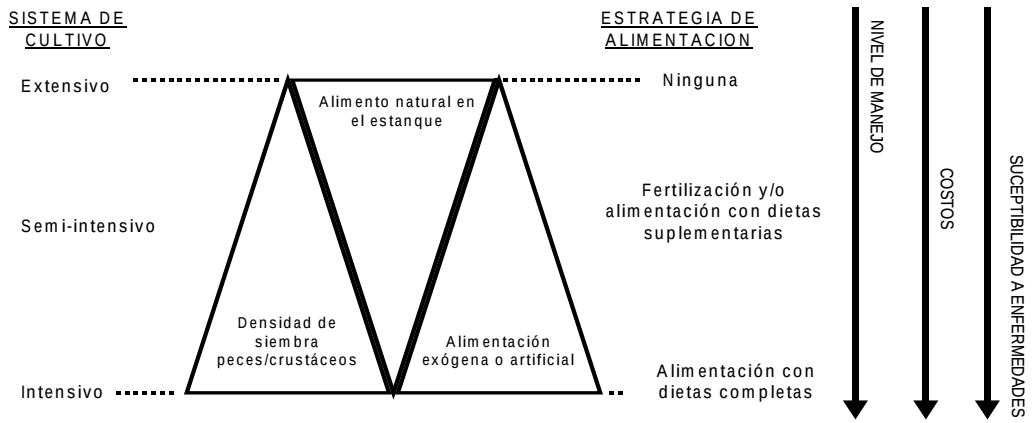

Figura 1. Papel del alimento natural y artificial en la nutrición de peces y crustáceos mantenidos en estanques bajo sistemas de cultivo diferentes.

El papel crucial de los organismos que constituyen el alimento vivo natural, en la nutrición de camarones en sistemas de cultivo extensivo o semi-intensivo, contrasta marcadamente con los sistemas de explotación intensiva, donde la densidad de siembra es tal, que el alimento natural representa un porcentaje menor, en la nutrición de las especies cultivadas. Obviamente, los requerimientos nutricionales y la alimentación del camarón en cada sistema de cultivo debe ser considerada de manera particular, a fin de establecer niveles específicos de nutrientes y estrategias de suministro de la ración balanceada.

En la actualidad existen cuatro métodos para producir camarones (Tacon *et al.,* 2004): extensivo, semi-intensivo, intensivo y super-intensivo, y se caracterizan por una reducción progresiva en el tamaño de los estanques de engorda, aumento en los costos de construcción y producción, mayor densidad de siembra, e intensificación de prácticas de manejo (incluyendo preparación de estanques, recambio de agua, fertilización, uso de alimentos balanceados, uso de postlarvas de laboratorio, etc.). También aumenta la necesidad de tecnología y mano de obra capacitada. Los sistemas intensivos pueden localizarse en zonas más altas y alejadas de la costa. Desde 1980 la mayoría de las granjas construidas en América Latina han sido del tipo semi-intensivo, y en Asia del tipo intensivo (Rosenberry, 2004). Actualmente un número significativo de granjas están siendo convertidas de semintensivas a intensivas. Las granjas intensivas son características de países desarrollados como Taiwán, Japón y Estados Unidos. Los sistemas super-intensivos son básicamente experimentales, aunque hay mucho interés en su potencial. También hay una tendencia a disminuir significativamente el recambio de agua (hasta el punto de recircular el agua dentro de la granja) debido a la aparición del virus de la mancha blanca (WSSV) en América Latina (Jory y Clifford, 1999a, b).

De forma general, los sistemas se presentan de la siguiente forma (Tacon *et al*., 2004):

Sistema de cultivo extensivo: Caracterizado por estanques de tierra generalmente grandes, hasta 100ha, con densidad de siembra menor de 5 camarones/m^2, alimentación natural, intercambios de agua menores al 5% por mareas o por bombeo, producciones de 500 a 1000 kg/ha/año, y costos de producción de 1-2.5US$/kg de camarón producido.

Sistema semintensivo: Utiliza estanques de tierra de 5-20 hectáreas, generalmente fertilizados, alimentación suplementaria, sembrados a una densidad menor a 25 camarones/m^2, con aireación dependiendo de la biomasa del estanque, intercambio de agua por bombeo de 5% o más. Producciones de 1,000-3,000 kg/ha/año.

Sistema intensivo Usualmente se emplean estanques de tierra pequeños 1.0- 1.5 ha, con densidades de siembra de 25-75 camarones/m^2, la alimentación artificial es de mayor calidad, con aireación parcial o constante. También con este sistema son usados tanques plásticos o de concreto techados de 100-1500 m^3 o sistema de raceways, así como densidades más elevadas entre 120-750 camarones/m^2, con alimentación completa.

A escala comercial en Cuba se han ensayado diferentes densidades, de siembra en el sistema de cultivo semintensivo, que han oscilado entre 5 y 20 camarones/m^2. Se ha encontrado que al aumentar la densidad por encima de 10 camarones/m^2, las tallas se han visto afectadas (Grupo Empresarial de Desarrollo del Camarón, com. pers., 2003). Además, Fraga et al. (2002), indicaron que a medida que se aumenta la densidad de siembra el crecimiento de los juveniles de *L. schmitti* se reduce.

Shiao (1998); Villarreal y Peláez (1999), Mclntosh (2000), entre otros, plantean que cuando se intensifica el cultivo las especies acuáticas dependen en mayor medida del alimento artificial como fuente de nutrientes. Es por esta razón, que el mismo debe ser de mayor

calidad para satisfacer las exigencias nutricionales, que resulten en un adecuado crecimiento al incrementar las densidades de siembra, sin dañar la calidad ambiental.

1.5 Nutrición y alimentación de camarones peneidos

La alimentación puede expresarse como el proceso de captura e ingesta del material biológico necesario para el funcionamiento de los organismos vivos y la nutrición comprende los procesos químicos y fisiológicos en los que el organismo utiliza el alimento para la obtención de nutrientes y energía para sus funciones normales, de mantenimiento, crecimiento y reparación de tejidos (Real Academia de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 2001). Por lo tanto, involucra la ingestión, digestión, absorción, transporte de nutrientes y la eliminación de desechos, así como las técnicas de alimentación durante el desarrollo del organismo. (Jory, 2001).

En condiciones naturales los juveniles de camarones peneidos son considerados omnívoros o detritófagos (Fernández *et al*., 1987). En estudios de contenido estomacal en diferentes especies, se han encontrado pequeños crustáceos, poliquetos, algas y detritus. Algunas especies son más vegetarianas y otras más carnívoras (Wikins, 1976). Los camarones tienen la característica de ser consumidores lentos y tienen la capacidad de detectar el alimento a distancia (quimiorecepción) mediante las anténulas y asociados al sentido del olfato. Hay otro tipo de quimioreceptores sensitivos localizados en los apéndices bucales y pereiópodos, receptores de contacto que funcionan como el sentido del gusto aceptando o rechazando el alimento (Atema, 1988). En crustáceos las respuestas a un estimulante alimenticio han sido identificadas con varias fases: Orientación, iniciación, continuación y terminación de la alimentación, lo que significa que una vez que el camarón se ha dirigido al alimento, lo degusta, dando como respuesta la aceptación o el rechazo del mismo (Lee y

Meyers, 1996). En este sentido, los alimentos se han clasificado según el comportamiento del animal en: atractantes, si hay movimiento hacia el mismo; incitantes si se inicia el consumo; y estimulantes si se continúa consumiendo (Akiyama y Chwang, 1993). Este comportamiento puede variar ya que los patrones alimenticios varían dependiendo de la especie y a través de su ciclo de vida (Lee y Meyers, 1997). Al respecto, se ha planteado que las etapas larvales de los crustáceos dependen más de encuentros casuales con el alimento (Kurmaly *et al.,* 1990).

Los camarones cultivados en estanques de tierra en sistema semintensivos satisfacen parte de sus necesidades nutritivas con el alimento natural disponible en los estanques (Tacon, 1995 b y 1996; Jaime *et al.,* 1996 b; Fraga *et al*., 2002), pero el mismo no garantiza un adecuado crecimiento y supervivencia durante todo el ciclo productivo. De ahí la necesidad de desarrollar dietas artificiales que puedan completar la cobertura de requerimientos de las especies, sean de bajo costo, permitan un buen crecimiento, supervivencia y eficiencia alimenticia, y contribuyan a reducir la contaminación ambiental (Bureau y Viana, 2003).

En general, las dietas disponibles comercialmente para la acuicultura contienen fuentes de proteína y lípidos de origen animal y vegetal, así como carbohidratos, a las que se les suplementa con vitaminas, minerales, conservantes, atrayentes y colorantes entre otros. Sin embargo, el incremento en precio de los alimentos exige la selección y evaluación de ingredientes para establecer características deseables al producto, tales como nutricionalmente efectivos, buena estabilidad en el agua, atrayentes y palatables, que permitan tallas de buen valor comercial y mayores rendimientos, para hacer más rentable la actividad del cultivo.

1.5.1 Factores que intervienen en el consumo del alimento

Es importante señalar que tanto la decisión de alimentarse como el nivel de alimentación o consumo son afectados por factores tanto internos como externos, entre los que se encuentran:

- Sexo, edad/talla del camarón: La tasa de alimentación es una función fisiológica de la etapa de desarrollo en que se encuentra el animal. La tasa de alimentación es más alta durante las primeras etapas cuando el crecimiento es más rápido, y decrece exponencialmente a medida que el animal crece y se acerca a la madurez. El consumo del alimento durante los primeros días luego de la siembra puede ser de entre 12-15%/día, y se reduce a 1-2%/día durante las etapas finales.
- Disponibilidad de alimento natural: Cuando la disponibilidad de alimento natural es abundante, la demanda por alimento balanceado es menor. Esto ocurre cuando la biomasa es pequeña, durante las primeras semanas después de la siembra, y hasta que se alcanza una biomasa critica equivalente a la capacidad de carga del estanque (entre 150 y 250 Kg/ha aproximadamente, dependiendo de variables que incluyen densidad de siembra, especie, etc.). A partir de este punto (biomasa crítica) el alimento balanceado toma una importancia cada vez mayor, pues tiene que suplir progresivamente los requerimientos nutricionales de los animales, que ya no puede garantizar el alimento natural del estanque (Clifford, 1998).
- Calidad de agua: Los parámetros más importantes suelen ser temperatura y oxígeno disuelto. Los camarones son animales homeotermos porque su temperatura corporal depende de la temperatura del medio ambiente. Como la temperatura del cuerpo

afecta las tasas de procesos fisiológicos, el metabolismo y la alimentación dependen de la temperatura ambiente. Usualmente, si la temperatura es mayor de 30º C, o por debajo de 25º C, la respuesta al alimento puede disminuir de 30 a 50%. Los camarones son afectados más seriamente por cambios súbitos de temperatura que por cambios graduales. Diferentes especies tienen diferentes rangos óptimos de temperatura para alimentarse. Niveles bajos de oxigeno disuelto (que puede ser debido a diversas causas disminuyen la tasa de alimentación. El apetito del camarón también puede ser afectado por otras causas, tales como la presencia de altos niveles de desechos metabólicos y contaminantes (Jory, 2001).

- Muda: En el ciclo de la muda, los procesos fisiológicos que se llevan a cabo (reemplazo del exoesqueleto viejo por uno nuevo para facilitar el crecimiento) afectan la actividad alimenticia, provocando variabilidad en el consumo del alimento (Vijayan *et al.,* 1997). Los camarones no suelen alimentarse cuando están mudando, y pueden demorarse de 1-3 días en volver a comenzar a comer. Los camarones peneidos alcanzan su mayor actividad alimenticia en estadio de intermuda (Fernández *et al.,* 1997; Vega- Villasante *et al.,* 1999).
- Calidad del alimento balanceado: Como los camarones se alimentan por el olor y no por la vista (Mendoza *et al.,* 1999), es importante el poder de atracción y la palatabilidad del alimento (Tacon *et al*., 1998). Un alimento con alta capacidad de atracción y estimulación, puede provocar un aumento en el consumo del alimento que no implica aumentos en el crecimiento, pues una vez que se han cubierto las necesidades energéticas y de proteínas, el alimento ingerido no se destina a

crecimiento y pasa a ser desechado por el organismo (Vega-Villasante, 2004). La deficiencia de algún nutriente en la dieta (vitaminas, aminoácidos, ácidos grasos, etc.) puede repercutir negativamente en la salud del animal, siendo uno de los primeros síntomas la pérdida de apetito (Cuenca y García-Gallego, 1987). Un alimento con exceso de energía hace que el animal pueda sentirse satisfecho y deje de consumir alimento (Devresse, 1999).

- Interacción social: Se ha comprobado que los animales mayores toman una posición jerárquica que excluye o ahuyenta del área de alimentación a los más pequeños, lo que implica diferencias en la ingesta. Este comportamiento depende de la densidad a la que se encuentran, a densidades bajas y estanques fertilizados, hay menos competencia por el alimento y por tanto esta situación disminuye. Esto permite que consuman alimento de forma más equilibrada y crezcan con tallas más semejantes (Cuenca y García-Gallego, 1987; Clifford, 2003).
- Hábitos alimentarios: Las especies de camarones peneidos varían en sus hábitos alimentarios en cuanto a los horarios de mayor consumo del alimento, aspecto que se debe considerar a la hora de elaborar una estrategia de alimentación efectiva. *L. schmitti* es una especie de hábitos diurnos, que debe alimentarse temprano en la mañana (06.00 h) y al caer la tarde (16.00-18.00h), producto de los horarios en que presentan los picos de máxima actividad enzimática. Esta conducta difiere de *Farfantepenaeus notialis* cuyos picos de máxima actividad enzimática ocurren en horas más avanzadas del día, siendo los mejores horarios en la mañana sobre las 10:00 h y en la noche cercano a las 22:00 h (González *et al.,* 1995; González, 1998).

Por otro lado, especies como el *L. stylirostris* se desplazan por los estanques en busca de alimento en forma mucho más activa y agresivamente que *L. vannamei* (Clifford, 1998).

1.5.2 Características de algunos ingredientes utilizados en balanceados para camarón.

1.5.2.1. Ingredientes proteicos

Dentro de los trabajos de investigación sobre las necesidades nutritivas de los organismos acuáticos, se destacan los referentes a la inclusión de la proteína en el alimento, debido esencialmente a que este componente juega un papel fundamental en el crecimiento, representa un porcentaje elevado dentro de la formulación y es el ingrediente más costoso (Tacon, 1996).

Harina de pescado:

La riqueza nutricional de las harinas de pescado varían, dependiendo del origen de la materia prima y la calidad de su procesamiento. Se caracterizan por tener un elevado nivel proteico (60-70%). Si su proceso es adecuado, presenta valores de digestibilidad elevados. En cuanto a la calidad aminoacídica, presentan un contenido más alto en relación con otros productos, particularmente metionina, lisina y cistina, aunque es deficiente en arginina y leucina (Tacon, 1993). Presentan aproximadamente un 10% de lípidos y son ricas en ácidos grasos esenciales polinsaturados (poliunsaturated fatty acids, o PUFA, por sus siglas en inglés) de la serie ω3 y, en menor cantidad, ω6. En estos se encuentran el ácido linolénico (18:3ω3), ácido linoléico (18:2ω6) y ácido araquidónico (20:4ω6). Se caracteriza además, por sus riqueza en ácidos grasos altamente insaturados (en inglés highly unsaturated fatty acids, HUFA) con 20 y 22 átomos de carbono y 5 o 6 insaturaciones, nombrados

Eicosopentaenóico (EPA) (20:5ω3) y el Docosahexaenóico (DHA) (22:6ω3) respectivamente. En cuanto a su contenido en vitaminas se destaca el complejo vitamínico B, y cuenta con niveles relevantes de calcio, fósforo, hierro y selenio (Zaldivar, 2002). Este ingrediente es altamente atrayente y palatable para los crustáceos (Chamberlaim, 1996).

Harina de soya:

Se considera la fuente más importante de proteína vegetal para la alimentación animal, por su alto contenido proteico (40-44%) y de vitaminas. Tiene uno de los mejores perfiles de aminoácidos a excepción de la metionina, histidina, y en menor grado, la lisina como, aminoácidos limitantes. Rica en ácidos grasos polinsaturados ω6 (linoléico), y una de las pocas fuentes de origen vegetal que contiene ácidos grasos ω3 del tipo linolénico (18:3ω3) que pueden exceder el 8% (Tacon, 1989; Forster, 2002). Entre las fuentes de proteína vegetal, la harina de soya ha sido la más extensamente evaluada y más comúnmente usada en alimentos comerciales para camarón.

Por los volúmenes en que se produce y por ser de más bajo costo que la harina de pescado, se coloca entre las fuentes proteicas de origen vegetal más utilizada en la alimentación de organismos acuáticos (Lim *et al*., 1998; Hardy, 1999). Sin embargo, la harina de soya contiene factores antinutricionales termolábiles incluyendo inhibidores de tripsina y factores antivitaminas D, E y B_{12}, que se inactivan o eliminan con diversos tratamientos con calor como son el tostado, extrusión y peletización. Posee además antinutrientes resistentes al calor, entre los que se encuentran el ácido fítico, que afecta su valor alimenticio al reducir la biodisponibilidad del fósforo (P) y otros nutrientes como minerales Ca, Zn, Mg, Fe y proteínas, así como, saponinas y estrógenos que reducen la palatabilidad de los

alimentos cuando se preparan con niveles elevados de este ingrediente (Webster *et al*., 1992; Liener, 1994; Sudaryono *et al.,* 1995). La reducción en la biodisponibilidad del fósforo incrementa la contaminación ambiental al ser excretado y atacado por los microorganismos que liberan el P, lo que puede causar crecimientos excesivos de algas (Baruah *et al*., 2004). Esta situación puede ser resuelta con el empleo de la enzima fitasa que facilita la asimilación del P y otros minerales y proteínas en los ingredientes vegetales (Vielma *et al.*, 1998).

Existen diversos estudios sobre productos derivados de la soya empleados en la alimentación de camarones, como alternativas para reducir el empleo de harina de pescado en la dieta. Dersjant-Li (2002) considera que con un adecuado procesamiento industrial, que reduzca los factores antinutricionales de la harina de soya, ésta es una alternativa potencial como sustituto de la harina de pescado en la dieta de camarones que favorece la reducción de los costos del alimento.

1.5.2.2 Aditivos alimentarios

Un aditivo alimentario es una sustancia pura o mezcla que se adiciona intencionalmente a los alimentos para realizar una o varias funciones específicas (Anónimo, 2006). Incluyen a sustancias naturales o sintéticas, nutritivas o no nutritivas, fisiológicamente activas o inertes que, adicionadas al alimento, contribuyen a preservar las características nutricionales (antioxidantes, inhibidores del crecimiento de hongos) la estabilidad en el agua (aglutinantes), suplir los nutrientes esenciales (vitaminas, minerales, colesterol), mejorar la salud (pigmentos, antibióticos) y estimular el crecimiento (atrayentes y mejoradores de la palatabilidad. Resultan particularmente importantes aquellos que influyen en la velocidad de crecimiento o en el logro de las tallas máximas de la especie; a través de un incremento

en la digestión, absorción o la utilización de nutrientes; éstos incluyen aminoácidos, péptidos y compuestos nitrogenados de bajo peso molecular (Carrillo *et al.*, 2000) y, en menor grado, nucleótidos, ácidos grasos, compuestos lipídicos (Métallier y Guillaume, 2001).

Atrayentes y estimuladores del consumo:

El uso de atrayentes en alimentos formulados para cultivo de crustáceos se ha incrementado por la alta capacidad de quimiorecepción de éstos, que hace que se alimenten siguiendo la presencia de los efectores químicos. Esto aumenta el consumo y reduce las pérdidas del alimento, lo que contribuye a disminuir los costos de producción (Montemayor *et al*., 2004).

Los atrayentes químicos sintéticos o naturales se pueden diferenciar por el efecto atrayente, incitante o estimulante que provocan sobre las especies acuáticas. En base a esta diferenciación los atrayentes o estimulantes son clasificados de acuerdo a la conducta que muestran hacia una fuente alimenticia. Los atrayentes, repelentes y aprehensores típicamente funcionan sobre una distancia (olfato) y son detectables a muy bajas concentraciones. Por el contrario, los incitantes, supresores, estimulantes y disuasivos, actúan por el contacto directo de la fuente alimenticia con el quimiorreceptor (gusto) (Métallier y Guillaume, 2001).

Los estimulantes del comportamiento alimenticio en los organismos acuáticos se logra mediante la preparación de extractos acuosos de especies que normalmente ingieren. Los que han despertado mayor interés son los elaborados a partir de moluscos, principalmente calamar, el cual ha presentado resultados destacados como buen atrayente, favorece un mejor aprovechamiento de los nutrientes del alimento **y** estimulador del crecimiento en

crustáceos (Cruz-Suárez *et al*., 1987; Alvarez-Ortegón, 2003; Holland y Borski, 1993; Montemayor *et al.,* 2004). Los extractos y harinas de crustáceos, como los elaborados a partir de jaiba, han llegado a producir respuestas del mismo orden de magnitud que la de los extractos de calamar (Carr, 1988), las harinas de krill, cangrejo y camarón (Costero y Meyers, 1993; Lee y Meyers 1997; Chamberlaim y Hunter, 2001) también han sido reportadas como buenas fuentes de atrayentes y estimuladoras del consumo; la harina de langostilla *Pleuroncodes planiples* (Civera-Cerecedo *et al.,* 2000). Los ingredientes atrayentes derivados de productos como crustáceos son efectivos en niveles de 3 a 5% (Zimmer-Faust, 1987).

Por otro lado, es importante definir niveles adecuados de atracción ya que puede ocurrir que un aditivo, por su alta capacidad de atracción, provoque un aumento en el consumo del alimento que no implique aumentos en el crecimiento, pues una vez que se han cubierto las necesidades energéticas y de proteínas, el alimento ingerido no se destina a crecimiento y pasa a ser desechado por el organismo (Vega-Villasante, 2004).

Harina de desechos de camarón

Es un insumo que se obtiene mediante el procesamiento de los productos de desecho de la comercialización del camarón, constituido principalmente por cabeza y exoesqueleto y, en menor medida por organismos enteros que son rechazados para su comercialización. Es un recurso que por su abundancia y composición química resulta ser excelente para la manufactura de alimentos balanceados para acuacultura que ayuden a disminuir el actual consumo de harina de pescado (Cruz-Suárez, 2004).

Es una importante fuente de fósforo y calcio, rica en fenilalanina, lisina y leucina, pero baja en metionina, histidina y triptofano. Tiene un alto contenido de ácido aspártico y ácido

glutámico, lo cual es característico de los crustáceos. Por otro lado, es una excelente fuente de colesterol, fosfolípidos, ácidos grasos PUFA y HUFA, y pigmentos carotenoides, principalmente astaxantina (Costero y Meyers, 1993; Cruz-Suárez *et al*., 1993; Fox *et al*., 1994).

La harina de desechos de camarón es utilizada como aditivo estimulador del consumo por su gran poder de atracción en cantidades de hasta 5% de inclusión (Smith *et al.*, 2005), debido a la presencia de sustancias como glicina betaina y otros compuestos de amonio cuaternario, taurina y ácido glutámico (Carr *et al*., 1996; Guerin, 2000; Zimmer-Faust, 1987; Hertrampf y Farooq, 2001). Se le atribuye un efecto promotor del crecimiento (Akiyama *et al*., 1993; Shiau y Yu 1998; Williams *et al*., 2005).

Pigmentos carotenoides

Los pigmentos carotenoides juegan un papel crucial como precursores de la vitamina A (Menasveta *et al*., 1993; Meyers y Latscha, 1997), y son sintetizados por plantas y microorganismos, como las microalgas (Estermann, 1995). Aunque los crustáceos no pueden sintetizar pigmentos *de novo*, si pueden transformarlos en metabolitos activos, por lo que deben ser suministrados mediante el alimento. Se ha observado que la astaxantina es el pigmento carotenoide más común en invertebrados marinos (Latscha, 1989). Adicionada en el alimento para el cultivo de peces y camarones, permite incrementos en el peso, mejora la supervivencia, el índice de conversión alimenticio y el rendimiento (Chien y Jeng, 1992; Meyers y Latscha, 1997; Shahidi, 1998; Arango, 1999).

Por otro lado, estudios sobre fisiología han demostrado que la astaxantina en la dieta de camarones puede promover reservas intracelulares de oxígeno y proteger la membrana intracelular, al actuar como quelante de radicales libres (Kurashige *et al*., 1990; Miki, 1991;

Chien y Jeng, 1992; Chew, 1995; Meyers y Latscha 1997; Devresse, 1998); además es un potente antioxidante (Burton, 1989). En los crustáceos, el precursor principal de la astaxantina es el β-caroteno, ya sea del alimento natural o de las dietas artificiales. Las vías metabólicas para la obtención final de astaxantina libre o sus esteres son variadas, aunque lo más probable es que sea una secuencia oxidativa comenzando con β-caroteno. La astaxantina libre consta de una cadena larga polinsaturada de carbón con grupos activos funcionales en cada extremo (Menasveta *et al.,* 1993), similar a los ácidos grasos esenciales. La molécula de astaxantina por su semejanza con la vitamina E (alpha tocopherol) y vitamina A (retinol) se ha sugerido sea considerarla entre las vitaminas liposolubles (Torrissen, 1990).

La estructura química de este pigmento genera beneficios variados que propician un mejor desarrollo de los organismos (Meyers y Latscha, 1997). La presencia de radicales libres permite la existencia de oxígeno activo, la unión con otras proteínas en las biomembranas formando un carotenoide complejo caroteno-proteínas, o la unión a un ácido graso formando las caroteno-lípidos-proteínas que protegen la membrana lipídica de la peroxidación (Miki 1991). Además, estimulan el sistema inmune y la resistencia a las enfermedades (Bendich 1994; Merchie *et al.* 1998; Scholz *et al.* 1999). Su incorporación en la dieta varia según los requerimientos de la especie, fase a alimentar y sistema de cultivo. Por eso la necesidad de realizar investigaciones para conocer las necesidades de este pigmento según condiciones del cultivo.

Aceites de origen marino.

En general, los aceites de pescado o de origen marino, al ser adicionados en el alimento, favorecen la calidad nutricional de los mismos. Si son utilizados para recubrir el alimento

sirven para aumentar el poder de atracción, palatabilidad y mejorar la hidroestabilidad de los alimentos (Moncada, 1999).

Desde el punto de vista tecnológico, sirven como aislante, retardando la entrada del agua hacia el interior del alimento, actúan como lubricantes durante el paso del alimento a través del dado de la peletizadora, además de reducir el polvo en los alimentos y mejorar la hidroestabilidad, al (Tacon, 1989).

Respecto a sus riquezas en nutrientes, los aceites de origen marino son ricos en ácidos grasos de la serie ω3. Aceites como los de hígado de bacalao, tiburón y moluscos se caracterizan por su riqueza en ácidos grasos altamente insaturados (HUFA) Eicosapentaenóico (20:5ω3) y el Docosahexaenóico (22:6ω3) (Tacon, 1989; Kanazawa *et al*., 1997; García, 2005). Son los principales vehículos de transporte de vitaminas liposolubles y proveen otros compuestos como esteroles y fosfolípidos requeridos por el camarón para un adecuado crecimiento y supervivencia (Schneider, 1985).

1.6 Antecedentes sobre cultivo, nutrición y alimentación de *L. schmitti.*

En América Latina se reportan diversos intentos para el cultivo de *L. schmitti*. En Colombia se presentaron dificultades para llegar a la talla comercial (José Galindo, CIP, Cuba, com. pers., 2006), mientras que en Brasil se cultivó a escala comercial por varios años, siendo sustituido por *L. vannamei* (Edermar Andreatta, UFSC, com. pers., 2006). En Venezuela en algunos lugares se mantiene a escala de laboratorio con el objetivo de desarrollar su cultivo para repoblar el medio natural, (Esperanza Buitrago, F. La Salle, com. pers., 2006). En Cuba se logró cerrar el ciclo de vida para su cultivo a escala comercial, alcanzándose rendimientos promedio de 1 ton/ha y producciones anuales de 2,000 toneladas métricas. La

especie mostró ser muy resistente a las enfermedades y condiciones adversas en general, aunque con una tasa de crecimiento menor al *L. vannamei* (Unzueta *et al.,* 2002).

No son muchos los reportes relacionados con la alimentación de *L. schmitti.* Se han estudiado, de forma preliminar, los requerimientos nutricionales (Parra y Hernández, 1992), Gaxiola y colaboradores (1996) evaluaron diferentes proporciones de proteína animal y vegetal en dietas para postlarvas, Lawrence (1986) realizó un estudio sobre la respuesta nutricional con dietas conteniendo diferentes fuentes proteicas y niveles de harina de soya y pescado en las mismas, y Rangel y Cabrera (2002) realizaron estudios de comparación en la engorda del camarón *L. schmitti y L. vannamei* en un sistema de cultivo intensivo. Por su parte, en Cuba se tienen conocimientos de sus estadios larvales (García, 1972), hábitos alimenticios en condiciones naturales (Anderes, 1982 y 1984), requerimientos nutricionales (García *et al*., 1990; Galindo *et al.,* 1992a y b; Alvarez *et al.,*1996), manejo alimentario (Jaime *et al.,* 1996a, b y c; Galindo *et al.,* 1996; Díaz-Granda, 1997; González, 1998; Fraga *et al*., 2002 y 2004), efecto de diferentes fuentes proteicas en el crecimiento (García y Jaime, 1990;. Fraga *et al*., 1996; Márquez, 1997), perfil de aminoácidos de la especie y de ingredientes proteicos usados en su alimentación (Gallardo *et al*., 1989; Forrellat *et al.,* 1988), y estudios de enzimas digestivas y la digestibilidad *in vitro* de algunas fuentes proteicas comúnmente utilizadas en la elaboración de alimentos (Carrillo, 1994; Forrellat, 1998).

Referente al empleo de aditivos promotores del crecimiento en dietas para la especie, Gallardo (1998) aisló del hepatopáncreas de la langosta espinosa *Panulirus argus,* péptidos inmunológicamente similares a la insulina humana, comprobando que éstos estimulan el crecimiento de larvas de *Litopenaeus schmitti* cuando se suministran de forma oral

mezclados con una dieta convencional balanceada (Gallardo *et al.,* 1994). Por su parte, Vega-Villasante y colaboradores (2002), al emplear un extracto de langostilla *Pleuroncodes planipes* como aditivo alimentario en dietas para larvas de *L. schmitti,* demostraron que con su inclusión en el alimento estimula el crecimiento y la supervivencia del organismo.

1.7 Justificación

La alimentación constituye uno de los costos más altos en la producción acuícola de crustáceos (Villarreal, 1995; Jory, 2001). Por ello, la tendencia actual de la investigación en nutrición acuícola se concentra en la reducción del costo de alimentación, en donde la proteína es el componente más caro en el alimento, ya que es esencial para el crecimiento de las especies en cultivo. En la dieta de crustáceos oscila entre el 25 y 65% (Jones *et al.*, 1996; Cortés-Jacinto *et al.*, 2003).

A la fecha, la principal fuente de proteína es la harina de pescado (Civera *et al.,* 2000), por lo que el conocimiento del nivel óptimo de este insumo en la dieta permitirá elevar la eficiencia alimenticia y la rentabilidad del cultivo, mediante una reducción de costos de producción, y reducir la contaminación del cultivo por exceso de materia orgánica.

A nivel mundial, la producción de harina de pescado se ha mantenido alrededor de 6.2 millones de toneladas desde 1997. Además, se han presentado períodos cuando la producción disminuye por variaciones climáticas, como ocurrió en 1998, en el que sólo se produjeron 4.75 millones de toneladas. (Smith *et al*., 2001). A comienzos del nuevo milenio el consumo de este producto por la industria acuícola fue cercano al 35% de la producción total, y se espera que crezca 3.5 veces en los próximos 10 años (Smith *et al*., 2001). Por

ello, es urgente buscar sustitutos nutricionalmente eficientes, económicamente rentables, de disponibilidad constante y estable, así como de fácil manejo y aplicación (Hardy, 2001).

Diversos trabajos reportan el potencial de ingredientes alternativos, de origen vegetal y animal, que pueden sustituir parcialmente la harina de pescado, en cuanto a su composición de aminoácidos esenciales, palatabilidad y digestibilidad, y que son menos costosos (vgr. Tacon, 1995; Tacon y Akiyama, 1997; Berger, 2001; Swick, 2002).

La harina de soya ha sido usada como sustituto de la harina de pescado en dietas para varias especies de crustáceos, como el langostino, *Macrobrachium rosenbergii* (Tidwell *et al.,* 1993; Du y Niu, 2003), la langosta marina, *Homarus americanus* (Floreto *et al.,* 2000), la langosta de agua dulce, *Cherax quadricarinatus* (García-Ulloa *et al.,* 2003), y camarones peneidos, como el camarón tigre, *Penaeus monodon* (Sudaryono *et al.,* 1995) y el camarón blanco, *Litopenaues vannamei* (Davis y Arnold, 2000; Mendoza *et al.,* 2001).

En algunos casos se han reportado estrategias de alimentación para *L. vannamei* que han permitido la sustitución total de la harina y el aceite de pescado, mediante el empleo de fuentes de proteína y lípidos que garantizaron los aminoácidos y ácidos grasos requeridos por la especie (Davis *et al*., 2004; Samocha *et al.,* 2004).

En Cuba, al igual que en muchos países donde se desarrolla la camaronicultura, se hace necesario convertirla en una actividad económicamente más rentable. Debido al incremento en el costo de la harina de pescado, se decidió establecer la posibilidad de reducir la inclusión de ésta en el alimento y su reemplazo con harina de soya, una fuente de proteína de menor costo. Factor importante en el porcentaje de sustitución se relacionan con la palatabilidad y atracción hacia los alimentos, así como, en la conversión alimenticia (Webster *et al*., 1992; Sudaryono *et al.,* 1995). Bajo estas circunstancias el uso de aditivos

ricos en estimuladores de la alimentación como la harina de crustáceos ha cobrado relevante importancia (Davis *et al.,* 2002).

En el cultivo comercial semintensivo del camarón blanco, *L. schmitti*, en Cuba se ha encontrado que al aumentar la densidad de siembra por encima de 10 postlarvas/m^2, la velocidad de crecimiento se reduce, lo que ha dañado la rentabilidad (Grupo Empresarial de Desarrollo del Camarón, com. pers., 2003).

En este sentido, Shiao (1998), Villarreal y Peláez (1999) y Mclntosh (2000), entre muchos otros, plantean que cuando se incrementa la densidad en el cultivo de las especies acuáticas, éstas dependen en mayor medida del alimento artificial como fuente de nutrientes. Por esta razón, los ingredientes utilizados en el alimento deben ser de mayor calidad para satisfacer las exigencias nutricionales y producir un adecuado crecimiento al incrementar la densidad de cultivo.

En función a esto se determinó que era necesario, además de optimizar el nivel de substitución de harina de pescado por harina de soya, evaluar el impacto de enriquecer el alimento con astaxantina, *Carophyll pink* (BASF), ya que puede incrementar la reserva intracelular de oxigeno, lo que facilita la intensificación del cultivo (Miki, 1991; Meyers y Latscha 1997). Aunque tiene un elevado costo (aproximadamente US$200/kg), este aditivo puede contribuir a la reducción del costo de producción, al permitir incrementos en la tasa de crecimiento, así como mejoras en la supervivencia y el índice de conversión alimenticio.

Teniendo en consideración lo anteriormente expuesto, se formuló la siguiente hipótesis de trabajo:

1.8 Hipótesis

La harina de soya puede ser utilizada como sustituto parcial de la harina de pescado en dietas elaboradas para el cultivo semintensivo de *Litopenaeus schmitti*, sin afectar negativamente el rendimiento, siendo posible establecer niveles recomendables de sustitución en función al ajuste de modelos matemáticos que describan una respuesta productiva determinada. Por otro lado, es posible compensar las pérdidas de atracción y palatabilidad de la ración, producto del incremento en la proporción de harina de soya, mediante la incorporación de estimulantes del consumo lo que, unido a la adición de astaxantina, permite mejorar el rendimiento y reducir los costos.

1.9 Objetivo general

Sustitución de harina de pescado por harina de soya e inclusión de aditivos en el alimento a fin de mejorar el rendimiento durante la engorda del camarón blanco *Litopenaeus schmitti.*

1.10 Objetivos específicos

1. Determinar un porcentaje recomendable de sustitución de harina de pescado por harina de soya como principal fuente proteica en dietas prácticas, que garanticen un adecuado desarrollo de juveniles de camarón blanco *Litopenaeus schmitti*.
2. Evaluar las variaciones de parámetros productivos al emplear dietas de elevado contenido de harina de soya en la engorda de juveniles de camarón *L. schmtii.*
3. Valorar el empleo de ingredientes estimuladores del consumo en alimentos con alto contenido de harina de soya para juveniles de *L. schmitti.*
4. Conocer la respuesta en términos de crecimiento y supervivencia de juveniles de *L. schmitti* al ser alimentados con dietas que contienen diferentes concentraciones de astaxantina.

5. Evaluar el efecto que sobre los parámetros productivos causa el empleo de alimentos con alto contenido de harina de soya en sustitución de la harina de pescado, estimulantes del consumo y astaxantina, en juveniles de *L. schmitti* cultivado a diferentes densidades.

Capítulo 2: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Condiciones para ensayos de laboratorio

Las evaluaciones experimentales se desarrollaron en el Centro de Obtención y Cría de Larvas de Santa Cruz del Sur, provincia de Camaguey, Cuba. Se emplearon recipientes plásticos rectangulares de 0.65m x 0.43m y 40 litros de capacidad (Figura 2), con aireación constante.

Figura 2. Recipientes utilizados en las evaluaciones experimentales.

El agua de mar (33.6 ± 0.76 ups) fue pasada por filtros de arena (10 μm) y de cartucho (5 μm), y tratada con luz ultravioleta, antes de ser utilizada para el llenado y reemplazo del agua a razón del 30% del volumen en los recipientes experimentales. La temperatura y oxígeno disuelto del agua fueron registrados dos veces al día (08:00 y 15:00 h) con un oxímetro YSI-58 con precisión de 0.01 mg/L y 0.1^{o}C. La salinidad se registró una vez al día utilizando un refractómetro Atago 2401 con precisión de 0.01ups y el pH se midió una vez a la semana usando un potenciómetro Toa HM-18ET de 0.01 U de precisión. El fotoperiodo se mantuvo con 12 h luz:12 h oscuridad.

Los juveniles provenientes del área de precría del Centro fueron trasladados en tanques plásticos aireados mediante un compresor portátil y difusores de sílica, y se colocaron en un tanque circular plástico de 1000L para la aclimatación por 48 h a 28ºC.

En todos los experimentos se utilizaron juveniles de 0.2-0.5 g, por ser la talla utilizada para la siembra de estanques de engorda a escala comercial. Los camarones se pesaron individualmente en una balanza digital de 0.01g de precisión y se distribuyeron de forma aleatoria dentro de los recipientes a razón de 10 juveniles/recipiente. Se emplearon tres réplicas por tratamiento. Durante los tres primeros días de iniciado el ensayo, los ejemplares dañados o muertos fueron sustituidos por otros de tallas semejantes, al considerarse que dichas afectaciones estaban dadas por el manejo inicial.

Diariamente (8:00 hrs), se realizó la limpieza del fondo de los recipientes para eliminar las heces fecales y restos de alimento. Inicialmente, la ración diaria se suministró a razón del 10% de la biomasa dos veces al día (09:00 y 16:00 h), 50% cada vez. La cantidad se modificó de acuerdo al consumo del alimento.

Al finalizar la evaluación experimental, los camarones fueron contados y pesados en una balanza digital de 0.01g de precisión. Se calcularon los indicadores de respuesta nutricional: Peso medio final de los organismos (P_f); Ganancia en peso (GP), Factor de conversión del alimento (FCA); Eficiencia proteica (EP) y Supervivencia (S).

2.2 Condiciones para ensayos de campo

Las evaluaciones de campo se realizaron en el área experimental del Complejo Camaronero de Tunas de Zaza, provincia Sancti Spíritus, Cuba.

Se utilizaron estanques de tierra de 250 m². Los estanques fueron preparados y manejados de acuerdo a los procedimientos utilizados en la producción comercial semintensiva (Anónimo, 2003). La fertilización se inició con el llenado de los estanques en la fase de preparación de los mismos. Se aplicó diariamente urea (6.3 kg/ha), metasilicato (3.0 kg/ha) y superfosfato triple (1.75 kg/ha) durante una semana. Posteriormente, se añadió una vez por semana una dosis de fertilizante de mantenimiento equivalente a 1.75 kg/ha de urea, 0.5 kg/ha de metasilicato y 0.2 de superfosfato, para garantizar el crecimiento del fito y zooplancton (Jaime *et al*., 2003).

En las dos evaluaciones experimentales se emplearon juveniles provenientes del área de precría de la granja. Durante la aclimatación, los camarones fueron colocados en bolsos de malla raschel de 4 mm previamente situados dentro del estanque por 48 h.

La siembra de los juveniles en estanques se realizó mediante el método de conteo gravimétrico. Los animales fueron distribuidos aleatoriamente en cada unidad experimental hasta colocar 2,500 animales por estanque (10 camarones/m^2). Se utilizaron tres replicados por tratamiento.

En las evaluaciones de campo se usó también un dispositivo experimental con corrales de 1 m^2 construidos con malla raschel de 4 mm, colocados dentro de un estanque de 0.1 ha (Figura 3), a las que se le añadió en el fondo un sustrato de tierra del estanque para garantizar que las condiciones ecológicas del cultivo fueran similares a la producción comercial. Dicho estanque se preparó de igual forma a lo descrito anteriormente. Los juveniles se contaron y sembraron de manera aleatoria en los corrales, hasta colocar la cantidad de animales según la densidad que correspondiera. Los corrales se limpiaron una

vez por semana raspando con un cepillo la parte externa de los mismos para evitar limitaciones en el intercambio de agua en los mismos por acumulación de detritus, materia orgánica en suspensión y microalgas entre otros.

Figura 3. Corrales de malla de 1 m^2, utilizados en ensayos de campo en el área experimental de estanques.

La temperatura (°C) y oxígeno disuelto (mg/L) fueron registrados diariamente dos veces al día (07:00 y 15:00 h) con un Oxímetro YSI® Modelo 58 con 0.1 ^{0}C y 0.1 mg/L de precisión; la salinidad (ups) se determinó con un Refractómetro Atago® Modelo 2401 con una precisión 0.01 ups, la transparencia del agua (cm) con un Disco Secchi, una vez al día en la mañana, y el pH con un Potenciómetro Toa HM-18ET de 0.01 de precisión, una vez a la semana**.** Los recambios de agua se realizaron teniendo en cuenta el comportamiento de los parámetros de calidad de agua, con el objetivo de mantenerlos dentro de lo recomendado (vgr. Anónimo, 2003).

La alimentación se determinó en función a lo recomendado por Fraga y colaboradores (2003). El alimento se suministró dos veces al día (08:00 y 16:00 h) con un día de ayuno a la semana. El 40% de la ración se adicionó en la mañana y el resto en la tarde. En los estanques, la ración se distribuyó de manera homogénea al voleo, caminando por la orilla. En los corrales se realizó con un aditamento especial (Figura 4).

Figura 4. Aditamento para adicionar el alimento en los corrales experimentales.

Al finalizar la evaluación experimental, los estanques fueron cosechados y los camarones pesados por estanque para conocer la biomasa final. Se tomó una muestra aleatoria de 50 animales por réplica (150 ejemplares/tratamiento) para conocer el peso promedio final. En el ensayo donde se emplearon los corrales, se contaron y pesaron todos los camarones.

Se calcularon los siguientes indicadores:

Peso promedio final de los organismos (P_f).

Factor de conversión del alimento (FCA) = Alimento añadido (g)/ B_f - B_i (g).

Supervivencia (S) = N_f / N_i * 100

Costos del alimento empleado (US$/kg): La suma de costos de las cantidades de ingredientes que componen la formulación para elaborar 1 kilogramo de alimento.

Costos de producción por kilogramo de camarón producido en relación con el alimento añadido (CP) = Costo del alimento empleado (US$/kg) x FCA.

Donde:

N_i = número de animales al inicio.

N_f = número de animales al final.

B_f = biomasa final (g).

B_i = biomasa inicial (g).

2.3 Elaboración del alimento

Las dietas empleadas se elaboraron de acuerdo a Galindo (2000). Cada dieta fue preparada mezclando los macroingredientes en una mezcladora Hobart M–600 hasta lograr su homogenización. Los microingredientes se combinaron en un recipiente plástico, antes de ser adicionados a los macroingredientes. Ambos grupos se mezclaron durante tres minutos, adicionando en ese tiempo los aceites de pescado y vegetal y 400-500 ml de agua tibia/kg de mezcla. En los casos donde se empleó astaxantina, ésta fue mezclada previamente con los aceites. La masa húmeda se pasó por un molino eléctrico de carne Javar 32, con un dado de 2 mm de diámetro de orificio. Las dietas peletizadas se secaron en una estufa con recirculación de aire forzado a 60°C durante 10 horas, luego fueron fracturadas hasta alcanzar un tamaño medio de 1.5-2.0mm x 2.0 mm y conservadas en bolsas plásticas en refrigeración a 10 º C.

La determinación de proteínas (Kjeldahl), lípidos (Soxhlet) y fibra (hidrólisis sucesivas ácido/base) de las materias primas y las dietas se realizó según las técnicas de la AOAC (1995).

2.4 Ingredientes

Se presenta la lista de ingredientes, la fuente y los precios (Camarón Caribe y Grupo Empresarial de Alimentos Acuícolas en Cuba, com. pers., 2006) de los ingredientes cuyas inclusiones variaron en las fórmulas:

INGREDIENTE	FUENTE	PRECIO
Harina de pescado (*Engraulis sp*)	CORPESCA S.A., Chile	US$750/t
Harina de soya desgrasada	Molinera Cherry, Cuba	US$370/t
Harina de cabezas de camarón^.	Pesquería local, Cuba	US$350/t
Trigo entero molido	Rice Co., EEUU	US$340/t
Aceite de soya	Empresa de aceites y grasas, Cuba	
Aceite de pescado	Tiburonera de Cojimar, Cuba	
Carbonato de calcio	Cargill, EEUU	
Fosfato dicalcico	Cargill, EEUU	
Astaxantina (*Carophyll® pink*)	BASF, Alemania	US$200/kg
Vitaminas y minerales*	Unión de Empresas de Piensos del MINAGRI, Cuba	

^ Residuos de la industria pesquera de la región. Precocinada, secada al sol y triturada hasta harina.

* Cantidades por tonelada de premezcla: Vitamina A (retinol), 12.500. UI; B1(tiamina), 10.000 mg; B2 (riboflavina), 20.000 mg; B6 (piridoxina), 10.000 mg; B12 (cianocobalamina), 40.0 mg; C (ácido ascórbico), 500.000 mg; E (DL-α-tocoferol), 100.000 mg; D3 (calciferol), 2.400 UI; K3 (menadiona), 4.000 mg; B3 (ácido pantoténico), 40.000 mg; B4 (cloruro de colina), 1.600. mg; Bc (ácido fólico), 2.000 mg; B5 (ácido nicotínico), 140.000 mg; H2 (biotina), 1.000 mg; inositol, 300.000 mg; ácido paraminobenzoico, 35.000 mg. Minerales: cobalt, 200 mg; cobre, 2.000 mg; hierro, 20.000 mg; yodo, 1.500 mg; manganeso, 40.000 mg; zinc, 20.000 mg; selenio, 100.0 mg).

2.5 Análisis estadístico general

A los parámetros P_f, FCA y EP se les aplicó una prueba de ajuste de distribución normal (Kolmogorov–Smirnov) y una de homoscedasticidad (Bartlett). Los valores porcentuales de supervivencia y pérdida de materia seca fueron transformados por la raíz cuadrada del arcoseno antes del análisis estadístico (Sokal y Rohlf, 1995). Análisis específicos se presentan en la sección relacionada a cada experimento (apartado 2.6).

2.6 Características específicas de cada experimento

2.6.1 Experimento I. Sustitución de harina de pescado por harina de soya en dietas practicas para juveniles de camarón blanco *Litopenaeus schmitti*

Los objetivos de este estudio fueron evaluar la respuesta de juveniles de *L. schmitti* ante la sustitución parcial y total de harina de pescado por harina de soya en la dieta, y estimar un nivel de sustitución que garantizara resultados satisfactorios de producción.

La investigación se desarrolló a escala de laboratorio durante 52 días. Se empleó un diseño experimental totalmente aleatorizado con juveniles de 0.35 ± 0.01 g de peso promedio inicial. Durante la evaluación, la temperatura, salinidad, pH y nivel de oxígeno disuelto en el agua fueron, respectivamente 28.3 ± 0.93°C, 33.6 ± 0.76 ups, 8.1 ± 0.09 y 5.2 ± 0.36 mg/L. El resto de la metodología se realizó según 2.1.

La composición química de las fuentes proteicas cuyos niveles se modificaron en las dietas experimentales (harina de pescado y harina de soya) se presenta en Tabla I.

Tabla I. Composición química proximal (g/100g de materia seca) de las principales fuentes proteicas usadas en las dietas experimentales para juveniles de camarón blanco *Litopenaeus schmitti* y cuyos niveles variaron en las formulaciones.

[1]Contenido (%)	Fuente proteica	
	Harina de pescado	Harina de soya
Proteína cruda	62.0	44.2
Extracto etéreo	6.5	2.8
Fibra cruda	1.1	5.9
Ceniza	21.8	16.2
ELN[2]	8.6	30.9

[1]Valores promedio de tres determinaciones, [2] Extracto libre de Nitrógeno

Se evaluaron 5 niveles de sustitución en dietas prácticas, donde se sustituyó gradualmente la harina de pescado de la formulación comercial S46 (fórmula empleada en Cuba en la producción comercial de camarón *L. schmitti* al momento de realizar este estudio), por harina de soya desgrasada, hasta la sustitución total (Tabla II).

Tabla II. Composición (g/100g) y análisis químico proximal (g/100g de peso seco) de las dietas experimentales con sustitución parcial y total de harina de pescado por harina de soya para la alimentación de juveniles de *Litopenaeus schmitti.*

Ingredientes	Dietas (% de sustitución de harina de pescado)				
	S46	S59	S75	S88	S100
Harina de pescado	29	22	13	6	0
Harina de soya desgrasada	25	32	41	48	54
Trigo entero molido	36	36	36	36	36
Aceite de girasol	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Aceite de pescado	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Vitaminas + minerales	2	2	2	2	2
Carbonato de calcio	3	3	3	3	3
Fosfato dicálcico	2	2	2	2	2
Análisis químico proximal					
Proteína cruda	32.6±0.08	31.8±0.11	29.9±0.09	28.6±0.08	28.0±0.06
Lípidos totales	6.0±0.02	5.6±0.06	5.4±0.04	5.3±0.02	5.1±0.02
Fibra cruda	2.9±0.09	3.2±0.06	3.6±0.06	4.1±0.08	4.3±0.06

La hidroestabilidad de los alimentos fue determinada a las 2, 4 y 8 h (Maguire *et al.,* 1988). Los datos fueron expresados como porcentajes de pérdida de materia seca (PMS) al llegar al tiempo establecido de exposición en el agua.

El peso final (P_f), la supervivencia (S), el factor de conversión del alimento (FCA) y la eficiencia proteica (EP) fueron utilizados para establecer diferencias entre las dietas y se determinaron de la siguiente manera:

Factor de conversión del alimento (FCA) = Alimento añadido (g)/ B_f - B_i (g).

Supervivencia (S) = N_f / N_i * 100

EP = B_f - B_i (g)/ proteína adicionada (g)

El análisis de varianza (ANOVA) simple y la prueba de HSD de Tukey fueron utilizadas para establecer diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los diferentes alimentos utilizados. El nivel adecuado de sustitución fue estimado utilizando el método de la línea quebrada (Shearer 2000). Se utilizó el programa de computadora STATISTICA™ 6.0.

2.6.2 Experimento II. Evaluación de dietas con diferente contenido de harina de soya en la engorda de juveniles de camarón *Litopenaeus schmitti* en estanques fertilizados

En función a los resultados del Experimento I, se evaluó el potencial de manufactura comercial de las raciones S46, S59 y S75. Las tres formulaciones se sometieron a pruebas tecnológicas de elaboración en una fábrica de producción industrial de alimentos balanceados. Cruz-Suárez (2004) estableció que, pérdidas de materia seca en alimentos comerciales para camarón superiores al 20%, pasadas 2 horas de inmersión durante pruebas de estabilidad en agua, son inadecuadas. Debido a que el alimento S75 tuvo una lixiviación

superior a 20%, se decidió reducir el porcentaje de sustitución de harina de soya a 70%. Los resultados de hidroestabilidad para este alimento (S70) fueron satisfactorios.

En este segundo experimento, se realizó un diseño experimental completamente aleatorizado en estanques de tierra de 250 m^2 fertilizados, durante 63 días. Se emplearon juveniles de 0.4±0.02 g de peso promedio inicial. Se evaluaron las formulaciones S46, S59 y S70 (Tabla III).

La temperatura del agua y oxígeno disuelto, variaron entre 25.7±1.2 y 30.7±1.1°C; y 4.6±0.43 y 7.8±0.36 mg/L, respectivamente; la salinidad tuvo un valor promedio de 30.3±2.2 ups, el pH de 7.9±0.05 y la transparencia del agua fue de 45±3.05 cm.

Tabla III. Composición (g/100g) y análisis químico proximal (g/100g de peso seco) de alimentos con elevada inclusión de harina de soya utilizados en la engorda de juveniles de *Litopenaeus schmitti* en estanques de tierra.

Ingredientes	Dietas (% de sustitución de harina de pescado)		
	S46	S59	S70
Harina de pescado	29	22	15
Harina de soya desgrasada	25	32	35
Trigo entero molido	36	36	40
Vitaminas y minerales	2	2	2
Carbonato de calcio	3	3	3
Fosfato de calcio	2	2	2
Aceite de pescado	1.5	1.5	1.5
Aceite de girasol	1.5	1.5	1.5
Análisis químico proximal			
Proteína cruda	32. 0±0.07	30.2±0.09	28.8±0.05
Lípidos totales	5.8±0.04	5.6±0.06	5.6±0.03
Fibra cruda	3.0±0.08	3.5±0.06	3.9±0.06

Los valores de peso final (P_f), conversión alimenticia (FCA), eficiencia proteica (EP) y supervivencia (S) fueron sometidos a un ANOVA de una vía ($P< 0.05$). La Prueba de Rangos Múltiples de Duncan se realizó para comparar las medias de los diferentes índices

productivos obtenidos con cada alimento. Se utilizó el programa de computadora STATISTICA™ 6.0.

2.6.3 Experimento III. Empleo de ingredientes estimulantes del consumo en alimentos con alto contenido de harina de soya para juveniles de *Litopenaeus schmitti*

Se sabe que una elevada cantidad de harina de soya le confiere un efecto poco atrayente y antipalatable al alimento, lo que daña la conversión alimenticia (Webster *et al*., 1992; Sudaryono *et al.,* 1995; Mendoza *et al*., 1999; Smith *et al*., 2005). Consecuentemente, se decidió valorar el empleo de ingredientes estimuladores del consumo. Se utilizó el alimento S70, que demostró en el experimento II que puede generar un incremento significativo en la talla de los camarones, como control. Se decidió utilizar la harina de cabezas de camarón y el recubrimiento del alimento con aceite de pescado como ingredientes que mejoran la palatabilidad y confieren alto poder de atracción. La composición y análisis proximal de los tres alimentos experimentales evaluados se presenta en la Tabla IV. La composición de las dietas fue similar a fin de que la evaluación de los atrayentes fuera más precisa (Lawrence, 2004).

Se realizó una evaluación de la capacidad de atracción, incitación y estimulación al consumo de alimento. Se utilizó un sistema de 3 unidades experimentales de 0.65 x 0.43 m y de 40 L de capacidad cada una, con una división removible en un extremo que permitió mantener encerrados a los camarones hasta momentos antes a la evaluación (Figura 5). En cada unidad experimental se colocaron 5 juveniles de 0.32±0.01 g de peso promedio, que fueron sometidos previamente a un ayuno de 24 horas. En el centro del extremo opuesto de cada unidad, se colocó 1g del alimento a evaluar. Se levantaron las divisiones y se

cuantificó el número de animales que acudían al alimento (atracción) a los 2, 5 y 10 minutos. Adicionalmente, se observó la conducta respecto al comienzo de la alimentación (incitación) y permanencia en la ingestión (estimulación) hasta 30 min (Akiyama y Chwang, 1993; Lee y Meyers, 1996). El tiempo cero fue considerado el momento en que se levantó la división en el acuario.

Tabla IV. Composición (g/100g) y análisis químico proximal (g/100g de peso seco) de las dietas utilizadas para estimar el grado de estimulación al consumo en juveniles de *Litopenaeus schmitt.i*

Ingredientes	Alimentos*		
	S70(control)	CC5%	RAHT0.5%
Harina de pescado	15	10	15
Harina de cabezas de camarón	-	5	-
Harina de soya desgrasada	35	35	35
Trigo entero molido	40	40	40
Aceite pescado	1.5	1.5	1.0
Aceite de girasol	1.5	1.5	1.5
Vitaminas y minerales	2	2	2
Carbonato de calcio	3	3	3
Fosfato dicálcico	2	2	2
Cubierta de aceite pescado	-	-	0.5
Análisis químico proximal			
Proteína cruda	28.5 ± 0.08	28.0 ± 0.04	28.7 ± 0.07
Lípidos totales	6.07 ± 0.02	6.01 ± 0.04	6. 04 ± 0.02
Fibra cruda	3.76 ± 0.06	4.03 ± 0.03	3.75 ± 0.06

* S70 (control): Alimento donde se sustituyó 70% de la harina de pescado por harina de soya desgrasada; CC5%: Se sustituyó 5% de harina de pescado por harina de cabeza de camarón en S70; RAHT 0.5%: 0.5% del aceite de pescado se rocía en la superficie del alimento S70.

Figura 5. Unidad experimental utilizada para evaluar la capacidad de atracción, incitación y estimulación al consumo de tres alimentos experimentales para la engorda de juveniles de *Litopenaeus schmitti.*

Por otro lado, para valorar la respuesta de estos alimentos en condiciones de cultivo, se desarrolló un diseño experimental completamente aleatorizado en estanques de tierra de 250 m^2. Se sembraron juveniles de 0.32±0.01 g de peso promedio, a una densidad de 10 camarones/m^2. Después de 60 días, los estanques fueron cosechados. La temperatura del agua y oxígeno disuelto, presentaron valores de 28.4±2.4°C y 5.4±1.4 mg/L, respectivamente; la salinidad fue de 30.0±1.6 ups, el pH de 8.1±0.06, y la transparencia del agua de 45±5 cm.

Los valores de peso final (P_f), conversión alimenticia (FCA), eficiencia proteica (EP) y supervivencia (S) fueron sometidos a un ANOVA de una vía ($P<0.05$). La Prueba de Rangos Múltiples de Duncan se utilizó para comparar las medias de los diferentes índices productivos obtenidos con cada alimento.

2.6.4 Experimento IV. Astaxantina (*Carophyll pink*) como aditivo en dietas practicas para juveniles de camarón blanco *Litopenaeus schmitti*

Debido a que la industria comercial ha obtenido resultados negativos al incrementar la densidad de siembra de la especie por encima de 10 camarones/m^2 (Grupo Empresarial de la Camaronicultura, com. pers. 2003), se estableció la necesidad de encontrar alimentos que permitieran incrementar la talla final de cosecha a densidades por encima de ese nivel. Se ha establecido que, cuando se incrementa la densidad de siembra, las especies acuáticas dependen en mayor medida del alimento artificial como fuente de nutrientes para producir un adecuado crecimiento (Akiyama y Chwang, 1993). La astaxantina adicionada en el alimento mejora la capacidad de reserva intracelular de oxigeno y resistencia al estrés físico, favoreciendo el incremento en peso y mejorando la supervivencia.

La evaluación se desarrolló durante 45 días a escala de laboratorio, empleando juveniles de 0.36±0.02 g. En función a los resultados del experimento III, se uso la dieta RAHT0.5 como base de formulación. Se evaluaron 5 variantes donde a la formulación base se le adicionaron por separado 25, 50, 75 ó 100 mg/kg de astaxantina (*Carophyll pink)* (Tablas V y VI). La temperatura del agua y oxígeno disuelto fueron 27.0±1.4°C y 5.2±1.1 mg/L, respectivamente, mientras que la salinidad fue 33.0±1.5 ups y el pH 7.8±0.1. El resto de la metodología se desarrolló siguiendo lo expresado en apartado 2.1.

Al finalizar la evaluación se calcularon los indicadores de respuesta nutricional:

Peso medio final de los organismos (P_f).

Ganancia en peso (GP) (%) = P_f / Peso inicial * 100

Factor de conversión del alimento (FCA) = Alimento añadido / [(biomasa final – biomasa inicial) + ½ (peso medio inicial + peso medio final) × (número de organismos muertos)]

Eficiencia proteica (EP) = [(biomasa final – biomasa inicial) + ½ (peso medio inicial + peso medio final) × (número de organismos muertos)] / proteína total ofrecida

Supervivencia (S) = número de animales al final / número de animales al inicio * 100.

Tabla V. Composición (g/100g) de las formulaciones empleadas para determinar la respuesta de juveniles de *Litopenaeus schmitti* a dietas con inclusión de diferentes niveles de astaxantina (mg/kg).

Ingredientes	Alimentos				
	S70	S70A25	S70A50	S70A75	S70A100
Harina de pescado	15	15	15	15	15
Harina de soya desgrasada	35	35	35	35	35
Trigo entero molido	40	40	40	40	40
Aceite pescado	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Cubierta de aceite pescado	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Aceite de girasol	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Vitaminas y minerals	2	2	2	2	2
Carbonato de calcio	3	3	3	3	3
Fosfato dicálcico	2	2	2	2	2
Astaxantina	-	25	50	75	100

Tabla VI. Análisis químico proximal (g/100g de peso seco) de las formulaciones empleadas para determinar la respuesta de juveniles de *Litopenaeus schmitti* ante la inclusión de diferentes niveles de astaxantina (mg/kg)

Análisis químico	Alimentos[1]				
	S70	S70A25	S70A50	S70A75	S70A100
Proteína cruda	28.7±0.09	28.8±0.06	28.8±0.04	28.6±0.05	28.6±0.06
Lípido total	6.04±0.06	6.05±0.04	6.04±0.05	6.05±0.04	6.04±0.04
Fibra cruda	3.45±0.03	3.46±0.06	3.46±0.03	3.47±0.04	3.46±0.05

[1]S70 (control) alimento donde se sustituyó un 70% la harina de pescado por soya y sin astaxantina, S70A25, S70A50, S70A75 y S70A100 cuando a la formulación S70 se le adicionaron 25, 50, 75 y100 mg/kg de dicho pigmento respectivamente.

Posteriormente se procedió según apartado 2.5. Se aplicó un ANOVA de Clasificación Simple y el test Tukey's HSD fue usado para determinar posibles diferencias significativas en el peso final (P_f), factor de conversión alimenticia (FCA), eficiencia proteica (EP) y Supervivencia (S). Un análisis dosis-respuesta fue desarrollado usando una curva sigmoidea (Logística) (Robbins *et al.,* 1979), y el modelo de cinética de saturación de 4 parámetros (SKM) (Mercer 1992). Se empleó un nivel de significación < 0.05 para todos los casos. Para los cálculos se utilizó el paquete de programas estadísticos STATISTICA® ver. 6.0.

2.6.5 Experimento V. Evaluación de dietas con alto contenido de harina de soya en sustitución de la harina de pescado, estimulantes del consumo y astaxantina, en juveniles de *Litopenaeus schmitti* cultivado a diferentes densidades

Este experimento se realizó con el fin de evaluar si los mejores resultados obtenidos en los ensayos anteriores contribuyen a aumentar la densidad de siembra en el sistema de cultivo semintensivo empleado en el país.

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorio por triplicado con 45 corrales de 1 m^2 (1 m X 1 m), colocados dentro de un estanque de tierra fertilizado, durante 57 días. Los valores mínimos y máximos de temperatura del agua y oxígeno disuelto fueron 26.8 (±1.2)-29.6 (±1.4)°C y 4.3 (±0.48)-6.80 (±0.96) mg /L, respectivamente. La salinidad y pH fueron 31.3±2.2 ups y 7.9±0.05, mientras que la transparencia del agua varió entre 40 y 45 cm.

Como alimento control se utilizó la formulación S46 (Experimento I), que representa el alimento utilizado comercialmente en Cuba para el cultivo de *L. schmitti*. Se evaluaron: 1)

La formulación RAHT0.5% (Experimento III), denominada S70; 2) S70, con la adición de 50 mg/kg del pigmento carotenoide astaxantina (S70A50); 3) S70 a la que se le añadió harina de cabezas de camarón al 5%, en sustitución de harina de pescado (S70CC5); 4) El alimento S70A50CC5 que incluyó la adición de 50mg/kg de astaxantina y 5% de harina de cabezas de camarón (Tabla VII). Cada alimento se evaluó para densidades: 10, 15 y 20 camarones/m^2. El manejo de las unidades experimentales se realizó como se describe en el apartado 2.2.

A los valores de P_f, FCA, y supervivencia final se les aplicó un Análisis de Varianza bifactorial (5X3) con los factores alimento y densidad de siembra. Posteriormente se aplicó el método de Holm-Sidak de comparación de medias. Para el análisis se utilizó el paquete estadístico Sigma Stat 3.1 (Systat Software, Inc. Point Richmond, CA 94804-2028, USA). El resto de la metodología fue descrita en el apartado 2.5.

Tabla VII. Composición (g/100g) y análisis químico proximal (g/100g de peso seco) de los alimentos con alto contenido de harina de soya en sustitución de la harina de pescado, estimulantes del consumo y astaxantina, evaluados en jaulas

Ingredientes	Alimentos				
	S46	S70	S70A50	S70CC5	S70A50CC5
Harina de pescado	29	15	15	10	10
Harina de soya desgrasada	25	35	35	35	35
Trigo entero molido	36	40	40	40	40
Vitaminas+minerales	2	2	2	2	2
Carbonato de calcio	3	3	3	3	3
Fosfato dicálcico	2	2	2	2	2
Aceite de girasol	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Aceite pescado	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0
Astaxantina (mg/kg)	-	-	50	-	50
Harina cabeza de camarón	-	-	-	5	5
Cubierta de aceite pescado	-	0.5	0.5	0.5	0.5
Análisis químico proximal					
Proteína cruda	32.8±0.10	28.8±0.08	28.8±0.06	28.4±0.08	28.4±0.06
Lípidos totales	6.1±0.02	6.3±0.04	6.0±0.02	6.0±0.02	6.0±0.04
Fibra cruda	3.0±0.08	3.7±0.04	3.7±0.04	3.9±0.06	3.9±0.06

Capitulo 3. RESULTADOS

3.1 Experimento I. Sustitución de harina de pescado por harina de soya en dietas prácticas para juveniles de camarón blanco *Litopenaeus schmitti*

Después de 52 días, se presentó una variación en P_f entre 0.64 y 1.06 g; el FCA varió de 2.8 a 7.9 y la EP presentó valores de 0.45 a 1.21. La Tabla VIII presenta las diferencias significativas entre tratamientos. Se obtuvieron mejores resultados con las dietas S46, S59 y S75, siendo la dieta S100 (sustitución total) la que produjo los peores resultados. La supervivencia fue adecuada para todos los tratamientos (90% o superior), sin diferencias significativas entre ellos.

Tabla VIII. Valores promedio (±ES) para el peso final, factor de conversión del alimento (FCA) y eficiencia proteica (EP) de juveniles de *Litopenaeus schmitti* en relación a la sustitución parcial o total de harina de pescado por harina de soya en la dieta.

Alimentos	Parámetros[1]		
	Peso final (g)	FCA	EP
S46	$1.06^{a} \pm 0.010$	$3.0^{a} \pm 0.29$	$1.01^{a} \pm 0.092$
S59	$1.06^{a} \pm 0.006$	$2.8^{a} \pm 0.13$	$1.14^{a} \pm 0.060$
S75	$1.07^{a} \pm 0.003$	$2.8^{a} \pm 0.14$	$1.21^{a} \pm 0.068$
S88	$0.75^{b} \pm 0.012$	$5.5^{b} \pm 0.15$	$0.63^{b} \pm 0.017$
S100	$0.64^{b} \pm 0.003$	$7.9^{c} \pm 0.04$	$0.44^{b} \pm 0.003$

[1] Valores con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

El ajuste usando el método de la línea quebrada permitió estimar el nivel más adecuado de sustitución para el peso final, conversión alimenticia y eficiencia proteica (Figura 6). Los valores fueron, respectivamente: 74.6% para P_f; 76.5% para FCA; y 78.5% para EP, indicando un valor óptimo de sustitución de 76.5± 2%.

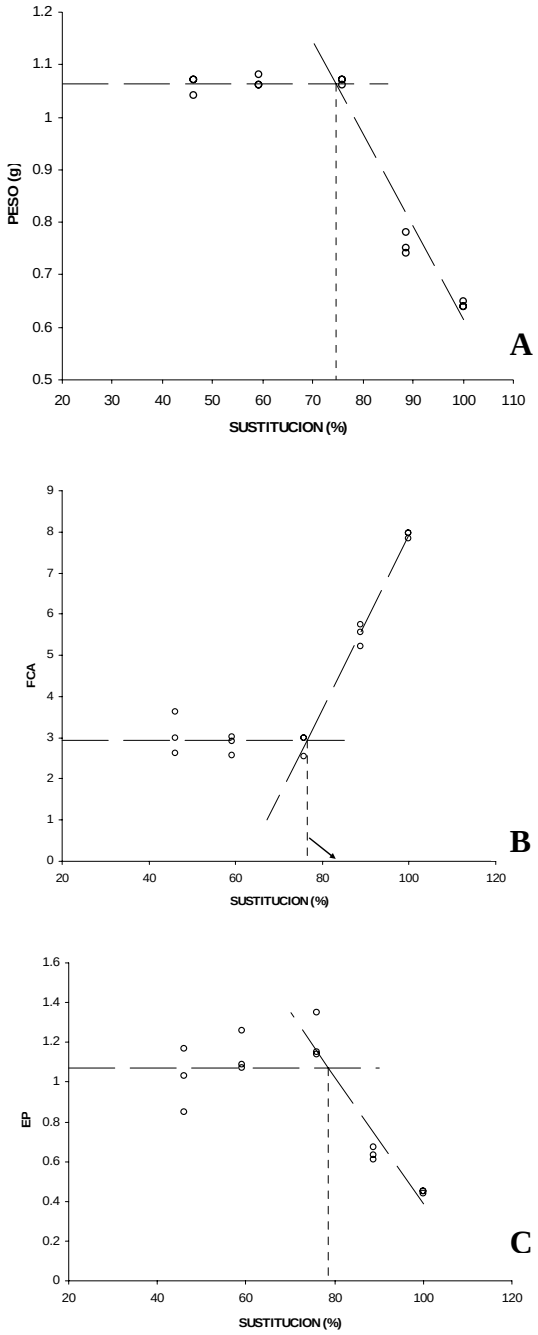

Figura 6. Efecto del porcentaje de sustitución de harina de pescado por harina de soya y nivel óptimo de sustitución en la dieta, de acuerdo al ajuste de curvas de regresión usando la ecuación cuadrática y el método de la línea quebrada, sobre el peso final (P_f, A), factor de conversión del alimento (FCA, B) y eficiencia proteica (EP, C) de juveniles de camarón blanco *Litopenaeus schmitti*

Respecto a la estabilidad de los alimentos en el agua, ésta estuvo significativamente relacionada con el nivel de harina de soya en la dieta (Tabla IX). Después de 2 horas de inmersión, las dietas con menor contenido de harina de soya (S46, S59 y S75) perdieron menos materia seca. Después de 8 h de inmersión, se evidenció una relación inversa ($P < 0.05$) entre el contenido de harina de soya y la hidroestabilidad, alcanzando 32.53% cuando se realizó el 100% de sustitución de la harina de pescado (S100).

Tabla IX. Hidroestabilidad, expresada como el porcentaje de pérdida de materia seca, de dietas experimentales (promedio ± ES) para diferentes tiempos de inmersión en agua.

Alimentos[1]	Tiempo (horas)		
	2	4	8
S46	14.25 ^{a}±0.06	16.93 ^{a}±0.13	20.03 ^{a}±0.16
S59	14.29 ^{a}±0.09	17.01 ^{a}±0.11	20.62 ^{b}±0.07
S75	14.37 ^{a}±0.10	17.05 ^{a}±0.08	22.12 ^{c}±0.20
S88	20.32 ^{b}±0.13	24.76 ^{b}±0.11	29.47 ^{d}±0.43
S100	22.04 ^{c}±0.08	27.45 ^{c}±0.17	32.53^{e}±0.48

[1] Promedio de triplicados ±ES . Valores en la misma columna con letras diferentes son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

3.2 Experimento II. Evaluación de dietas con diferentes contenidos de harina de soya en la engorda de juveniles de camarón *Litopenaeus schmitti* en estanques fertilizados

La Tabla X muestra los resultados obtenidos después de 63 días. Se observaron diferencias significativas ($P< 0.05$) en peso final (P_f) de los camarones, siendo menor cuando fueron alimentados con S46. No hubo diferencias significativas en FCA, pero se observó una tendencia a mejorar conforme se elevó el contenido de harina de soya en la dieta. La supervivencia fue superior al 80% para todos los tratamientos y no hubo diferencias significativas entre ellos.

Tabla X. Promedio (± DE) del peso final (P_f) , factor de conversión del alimento (FCA) y supervivencia (S), de *Litopenaeus schmitti* alimentado con dietas con diferentes contenidos de harina de soya, después de 63 días de engorda

Alimentos	Parámetros[1]		
	P_f (g)	FCA	S (%)
S46	7.00^b±0.14	2.16^a±0.06	83^a±0.30
S59	7.69^a±0.13	1.92^a±0.09	84^a±0.20
S70	7.88^a±0.17	1.89^a±0.08	84^a±0.20

1Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (P<0.05).

La Tabla XI muestra que al incrementar la cantidad de harina de soya en sustitución de la harina de pescado en la dieta se logra una reducción en el costo del alimento (CA). Por otro lado, el incremento en el peso final del camarón y la mejora relativa en la conversión alimenticia, favorecieron la reducción del costo de producción (CP) por concepto de alimentación para los tratamientos donde se alimentó con las dietas S59 y S70, con respecto a la formulación comercial S46.

Tabla XI. Costo del alimento (CA) y de la producción (CP) durante la engorda de *Litopenaeus schmitti*, con dietas experimentales de diferente contenido de harina de soya en sustitución de la harina de pescado.

Alimentos	Parámetros			
	CA (US$/kg)	Reducción CA (%)	CP (US$/kg)	Reducción CP (%)
S46	0.65	-	1. 40	-
S59	0.63	3	1. 21	14
S70	0.60	8	1. 13	19

CA = Costo de 1 kilogramo de alimento utilizado; CP = Costo de producción para obtener 1 kilogramo de camarón por concepto de empleo de alimento balanceado.

3.3 Experimento III. Empleo de ingredientes estimulantes del consumo en alimentos con alto contenido de harina de soya para juveniles de *Litopenaeus schmitti*

En la evaluación de la capacidad de atracción, incitación y estimulación al consumo, los alimentos con 5% de harina de cabeza de camarón (CC5%) y con recubrimiento de aceite de pescado (RAHT0.5%) provocaron que un número mayor de camarones se acercasen al alimento después de dos y cinco minutos (Tabla XII). A los 2 minutos sólo 13% (2) de los camarones había llegado al alimento S70, mientras que en las otras variantes ya se encontraba junto al alimento más del 50% del total de los animales. A los 5 minutos, 100% de los camarones habían acudido a los alimentos CC5% y RAHT0.5%, y menos del 50% al S70.

Tabla XII. Respuesta de juveniles de *Litopenaeus schmitti* ante la capacidad de atracción, incitación y estimulación al consumo de diferentes alimentos experimentales

Alimentos	Número de animales junto al alimento		
	2 min	5 min	10 min
S70	2	6	15
CC5%	8	15	15
RAHT0.5%	9	15	15

Para los alimentos CC5% o RAHT0.5%, una vez que el camarón sujetaba el alimento, no lo soltaban, resultando en tubos digestivos llenos después de 30 minutos del inicio de la ingestión. Para el alimento S70, se observó que los camarones tomaban el alimento de manera intermitente, consumiéndolo más lentamente, A los 30 minutos los tubos digestivos no estaban completamente llenos para esta dieta.

La Tabla XIII muestra que, en la evaluación de crecimiento,,los camarones alimentados con las dietas CC5% y RAHT0.5% presentaron pesos finales y eficiencias proteicas superiores,

significativamente diferentes al control (P< 0.05). El FCA disminuyó significativamente con el empleo de las dietas con atrayentes, y la supervivencia se incrementó, alcanzando valores sobre 90%.

El costo de cada alimento empleado (US$/kg), se determinó de acuerdo al costo de los ingredientes empleados en la formulación. S70 representa un valor de 0.60 US$/kg, el cual es igual a RAHT0.5%, mientras que el costo del alimento CC5% equivale a 0.58 US$/kg. La Tabla XIV muestra los costos del alimento (CA) y de la producción (CP) durante la engorda de *Litopenaeus schmitti*, cuando se utilizan dietas experimentales de diferente contenido de harina de soya en sustitución de la harina de pescado y estimuladores del consumo. La tabla considera el incremento en el peso final del camarón y la mejora relativa en la conversión alimenticia al emplear harina de cabezas de camarón o el recubrimiento del alimento peletizado con aceite de pescado como estimuladores del consumo en alimentos de alto contenido de harina de soya. Los alimentos con estmuladores del consumo muestran una reducción del costo de producción superior al 25%.

Tabla XIII. Valores promedio (± DE) del peso final (P_f), factor de conversión del alimento (FCA), eficiencia proteica (EP) y supervivencia (S) de *Litopenaeus schmitti* alimentado con dietas enriquecidas con estimuladores del consumo.

Parámetros	Alimentos[1]		
	S70 (control)	CC5%	RAHT0.5%
P_f (g)	$7.59^{b} \pm 0.46$	$8.95^{a} \pm 0.30$	$8.83^{a} \pm 0.28$
Incremento (%)		17.9	16.3
FCA	$1.74^{b} \pm 0.16$	$1.30^{a} \pm 0.12$	$1.30^{a} \pm 0.10$
Reducción (%)		25.3	25.3
S (%)	$80.6^{b} \pm 1.11$	$90.4^{a} \pm 1.37$	$91.8^{a} \pm 1.00$
Incremento (%)		9.8	11.2
EP	$1.91^{b} \pm 0.05$	$2.64^{a} \pm 0.06$	$2.58^{a} \pm 0.05$

[1]Letras diferentes para cada fila indican diferencias significativas (P< 0.05).

Tabla XIV. Costo del alimento (CA) y de la producción (CP) durante la engorda de *Litopenaeus schmitti*, con dietas experimentales de diferente contenido de harina de soya en sustitución de la harina de pescado y estimuladores del consumo.

Alimentos	Parámetros			
	CA (US$/kg)	Reducción CA (%)	CP (US$/kg)	Reducción CP (%)
S70	0.60	-	1. 04	-
CC5%	0.58	3.3	0. 75	28
RAHT0.5%	0.60	-	0. 78	25

CA = Costo de 1 kilogramo de alimento utilizado; CP = Costo de producción para obtener 1 kilogramo de camarón en relación con el alimento añadido.

3.4 Experimento IV. Astaxantina (*Carophyll pink*) como aditivo en dietas prácticas para juveniles de camarón blanco *Litopenaeus schmitti*

Después de 45 días no se encontraron diferencias significativas en el peso final (1.01-1.05 g), ganancia en peso (180.6-190.7%) y eficiencia proteica (1.31-1.35) entre la dieta S70 (sin astaxantina) y la que contenía 25 mg/kg de astaxantina. Las dietas con concentraciones más altas de astaxantina (50, 75 o 100 mg/kg) presentaron un peso final significativamente mejor (1.34-1.37 g), ganancia en peso (274.1-280.6%), y eficiencia proteica (2.02-2.06), además de una conversión del alimento significativamente más baja (1.68-1.72). La supervivencia fue superior a 90% en todos los casos (Tabla XV).

El análisis dosis-respuesta desarrollado usando una curva sigmoidea (Logística) y el modelo SKM arrojó una respuesta significativa para un estrecho intervalo de concentración del pigmento adicionado (entre 25 y 50 mg/kg). Los modelos de Logística y saturación cinética dieron ajustes prácticamente idénticos. Este resultado indicó que la máxima ganancia en peso y eficiencia proteica o la mejor conversión alimenticia pudieran alcanzarse con concentraciones de astaxantina inferiores a 50 mg/kg (Figura 7).

Tabla XV. Valores promedio (±ES) para el peso final (P_f), factor de conversión del alimento (FCA), ganancia en peso (GP), eficiencia proteica (EP) y supervivencia (S), de juveniles de *Litopenaeus schmitti* alimentados con dietas conteniendo diferentes inclusiones de astaxantina

Alimentos	Parámetros[1]				
	P_f (g)	GP (g)	S (%)	EP	FCA
S70	1.01^{b}±0.02	180.55^{b}±5.78	93.3^{a}±3.33	1.31^{b}±0.02	2.66^{a}±0.04
S70A25	1.05^{b}±0.01	190.74^{b}±2.45	90.0^{a}±0.00	1.35^{b}±0.02	2.56^{b}±0.04
S70A50	1.37^{a}±0.02	280.56^{a}±5.78	96.6^{a}±3.33	2.06^{a}±0.01	1.68^{c}±0.01
S70A75	1.34^{a}±0.02	274.07^{a}±4.63	96.6^{a}±3.33	2.02^{a}±0.003	1.72^{c}±0.003
S70A100	1.36^{a}±0.02	277.78^{a}±5.56	96.6^{a}±3.33	2.06^{a}±0.01	1.70^{c}±0.01

[1]Exponentes diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($P<0.05$). S70, alimento donde se sustituye un 70% la harina de pescado por soya, sin astaxantina, S70A25, S70A50, S70A75 y S70A100 cuando a la formulación S70 se le adicionan 25, 50, 75 y 100 mg/kg de astaxantina, respectivamente.

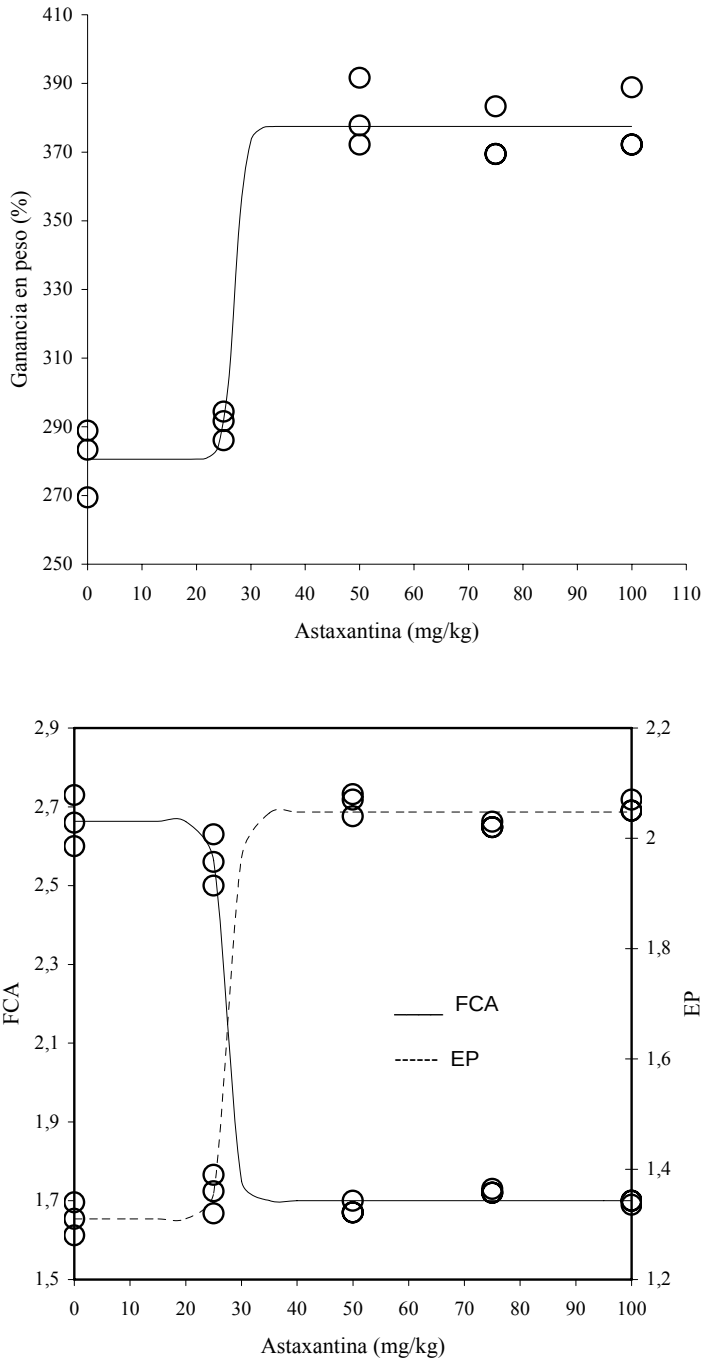

Figura 7. Análisis dosis-respuesta usando una curva sigmoidea (Logística) y el modelo SKM para los diferentes niveles de astaxantina empleados en el alimento y la ganancia en peso, conversión del alimento y eficiencia proteica de *Litopenaeus schmitti*.

3.5 Experimento V. Evaluación de dietas con alto contenido de harina de soya en sustitución de la harina de pescado, estimulantes del consumo y astaxantina, en juveniles de *Litopenaeus schmitti* cultivado a diferentes densidades

El análisis bifactorial mostró diferencias significativas ($P \leq 0.001$) para P_f y FCA entre los alimentos y las densidades. Se expresa además la existencia de una interacción estadísticamente significativa ($P \leq 0.001$) entre alimento y densidad, observándose un patrón de respuesta diferenciado, dependiendo del tipo de alimento empleado. Así, se observó un efecto negativo más acentuado sobre los parámetros productivos a la densidad más alta cuando se usaron las dietas S46 y S70 que no contenían harina de cabezas de camarón ni astaxantina (Figuras 8 y 9). El alimento S70A50CC5 presentó el P_f significativamente más alto para cualquiera de las densidades empleadas.

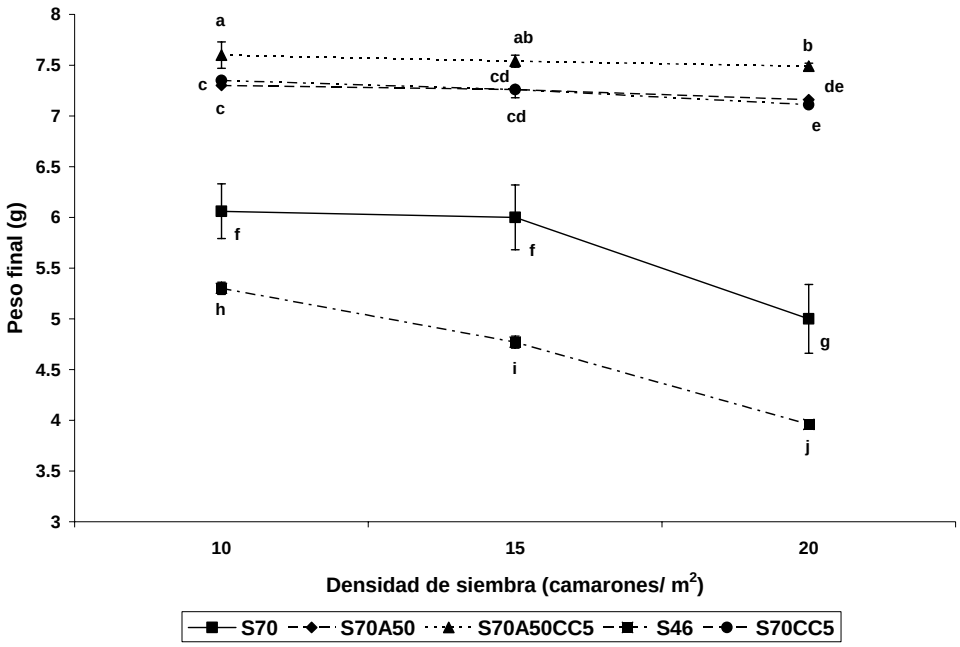

Figura 8. Peso final (P_f) de juveniles de *Litopenaeus schmitti* alimentados con diferentes dietas durante la engorda a diferentes densidades.

No se presentaron diferencias significativas en P_f al incrementar la densidad de siembra de 10 a 15 camarones/m^2, cuando se utilizaron alimentos enriquecidos con harina de cabezas de camarón (S70CC5), con astaxantina (S70A50) o con los dos aditivos (S70A50CC5), Sin embargo, hubo diferencias significativas en P_f al incrementar la densidad de 10 a 20 camarones/m^2.

Camarones alimentados con S70A50 o S70CC5 presentaron pesos similares, que fueron significativamente mayores a los alcanzados con los alimentos S70 y S46 en cualquiera de las densidades empleadas.

En camarones alimentados con S70, la densidad no provocó diferencias significativas en P_f al incrementarse de 10 a 15 camarones/m^2 pero si tuvo una incidencia significativamente negativa al colocar 20 camarones/m^2.

Los valores más bajos de peso final se presentaron con la formulación comercial S46 para cualquier densidad experimental, con la mayor afectación a 20 camarones/ m^2. Esta densidad incidió negativamente sobre el P_f ($P<0,05$), con respecto a 10 camarones/m^2 para cualquier alimento utilizado. El efecto fue menos pronunciado con los alimentos S70A50CC5 y S70A50.

En relación con el FCA (Figura 9), las mejores conversiones alimenticias se presentaron con los alimentos S70A50CC5 y S70A50. Los alimentos S70A50 y S70CC5 presentaron FCAs similares a 10 y 15 camarones/m^2. Al aumentar a 20 camarones/m^2 el FCA se incrementó significativamente con S70CC5.

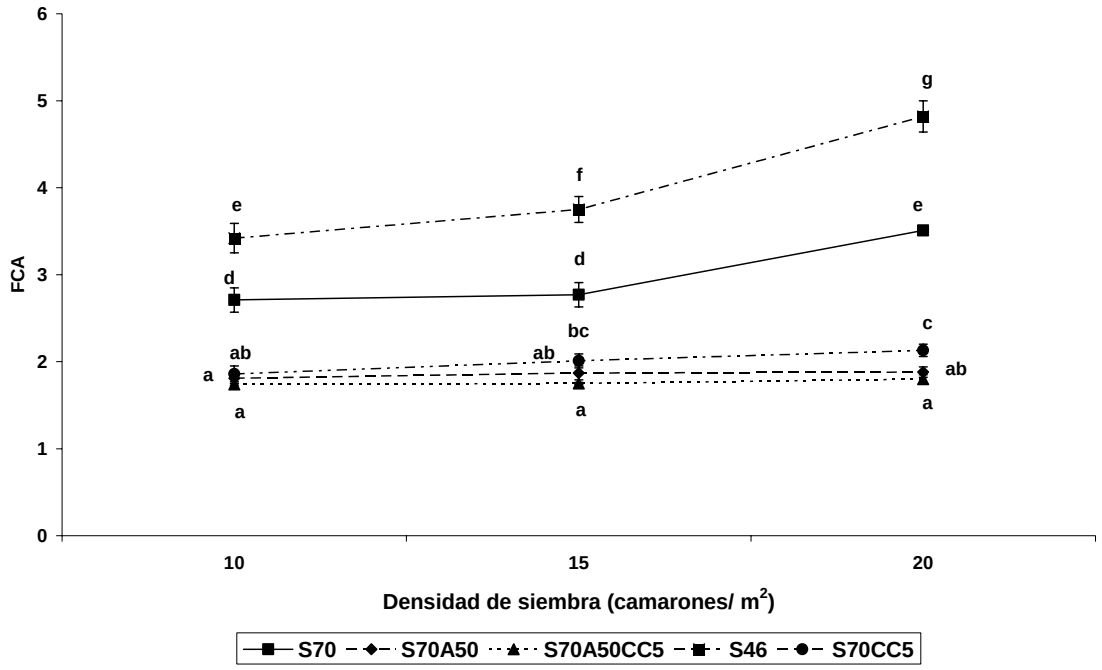

Figura 9. Factor de conversión alimenticia (FCA) de juveniles de *Litopenaeus schmitti* alimentados con diferentes dietas durante la engorda a diferentes densidades,

Cuando los camarones fueron alimentados con S70, la densidad no provocó diferencias significativas en el FCA al incrementarse de 10 a 15 camarones/m^2, pero si tuvo una incidencia significativamente negativa a 20 camarones/m^2. Los valores más altos de FCA se presentaron con la formulación comercial S46 para cualquiera de las densidades utilizadas, con la mayor afectación a 20 camarones/m^2.

A 20 camarones/m^2 el FCA fue significativamente más alto con respecto a 10 camarones/m^2, excepto al utilizar los alimentos S70A50CC5 y S70A50 donde no hubo diferencias significativas entre las densidades.

En relación con la supervivencia, los valores más bajos se presentaron con los alimentos S70 y S46 (81 y 79%). La supervivencia más alta (99%) correspondió a las dietas S70A50CC5 y S70A50 (Figuras 10 y 11).

No hubo interacción significativa entre alimentos y densidades. En la Figura 10 se destaca que, en contraste con los otros parámetros productivos, no se manifestó una respuesta diferenciada de la supervivencia ante la densidad de siembra, dependiendo sólo del tipo de alimento empleado.

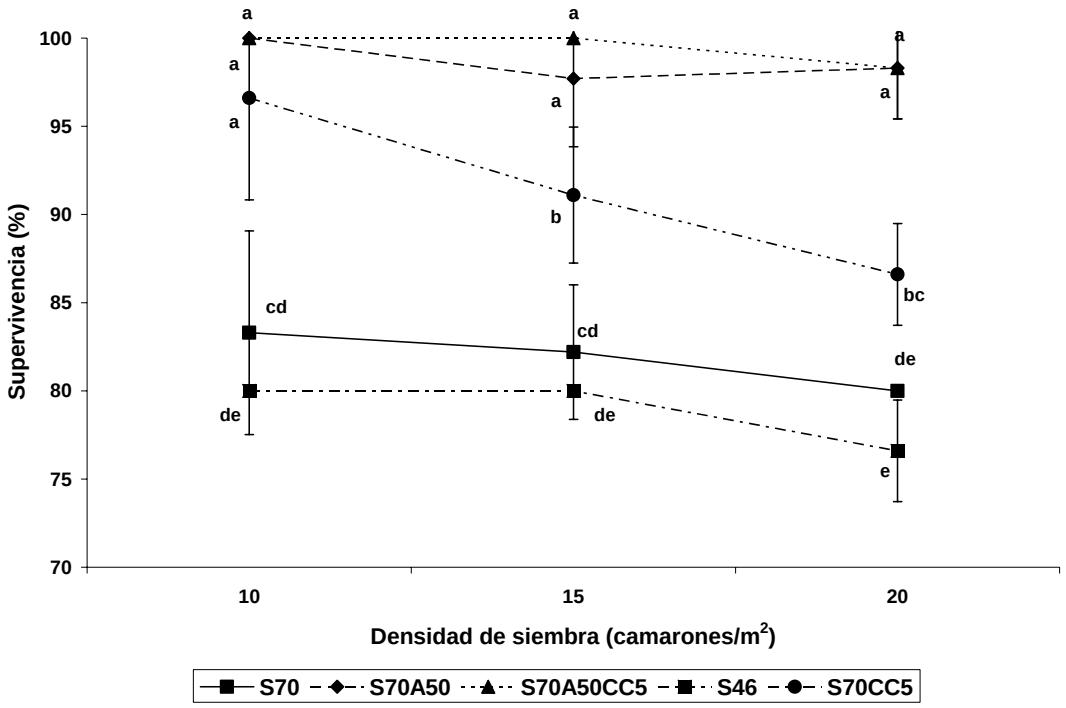

Figura 10. Supervivencia (%) de juveniles de *Litopenaeus schmitti* alimentados con diferentes dietas durante la engorda a diferentes densidades,

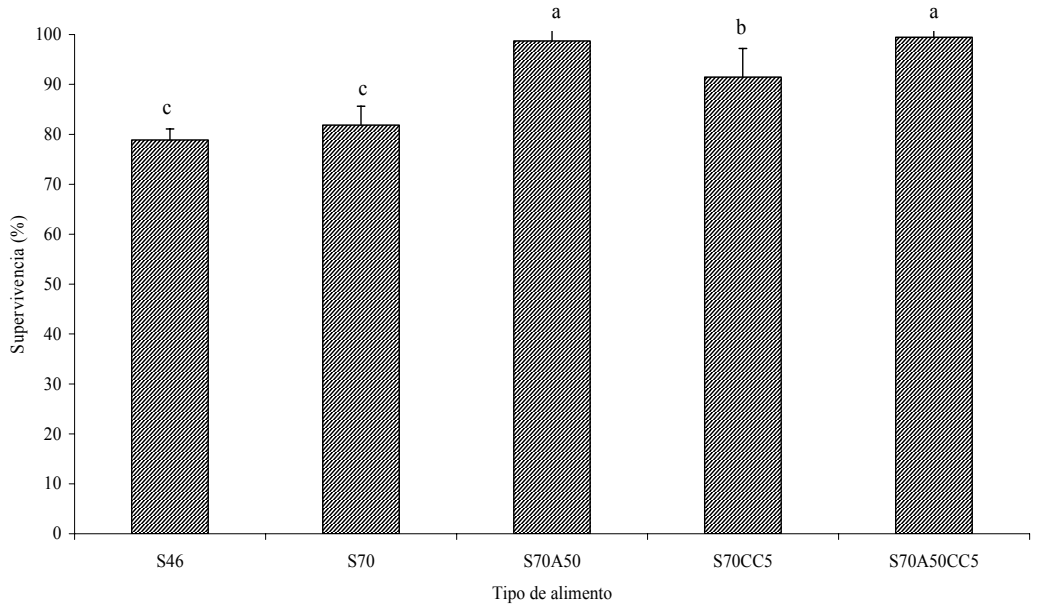

Figura 11. Supervivencia (%) promedio de juveniles de *Litopenaeus schmitti* alimentados con diferentes dietas, independientemente de la densidad utilizada.

Por otro lado, al analizar los costos de producción asociados al alimento para las diferentes densidades (Tabla XVI), se observa que los valores más altos son para la dieta S46 y disminuyen progresivamente hasta alcanzar los valores más bajos (1.03-1.06 US$/kg) al emplear el alimento S70A50CC5.

El beneficio de la inclusión de harina de cabezas de camarón o astaxantina en el alimento en términos de P_f, FCA y supervivencia se presentan en las Tablas XVII.

De manera similar, la comparación de los alimentos S70A50CC5 y S70A50 refleja la importancia de la presencia de la harina de cabezas de camarón en la dieta, para la engorda semintensiva de juveniles de *L. schmitti* (Tabla XVIII).

Tabla XVI. Costos de producción (US$/kg) por kilogramo de camarón *Litopenaeus schmitti* producido con cada uno de los alimentos empleados a densidades de 10, 15 y 20 camarones/m^2

Tratamientos	Costo alimento (US$/kg)	Costo/kg camarón (US$/kg)
S46D10	0.65	2.22
S46D15		2.44
S46D20		3.13
S70D10	0.60	1.63
S70D15		1.66
S70D20		2.11
S70A50D10	0.61	1.10
S70A50D15		1.14
S70A50D20		1.15
S70CC5 D10	0.58	1.08
S70CC5 D15		1.17
S70CC5 D20		1.24
S70A50CC5D10	0.59	1.03
S70A50CC5D15		1.03
S70A50CC5D20		1.06

Tabla XVII. Comparación del peso final (P_f), factor de conversión del alimento (FCA), supervivencia (S) y costo de producción (CP) de juveniles de *Litopenaeus schmitti* alimentados con dietas S70, S70A50 y S70CC5 a diferentes densidades (10, 15 y 20 camarones/m^2).

Tratamientos	Parámetros					
	P_f(g)	P_f I (%)	FCA	FCA R (%)	CP (US$/kg)	CP R (%)
S70D10	6.06	-	2.71	-	1.63	-
S70D15	6.00	-	2.77	-	1.66	-
S70D20	5.00	-	3.51	-	2.11	-
S70CC5D10	7.35	21.3	1.86	31.4	1.08	33.7
S70CC5D15	7.26	21.0	2.01	27.4	1.17	29.5
S70CC5D20	7.11	42.0	2.13	39.3	1.24	41.2
S70A50D10	7.30	20.0	1.81	33.2	1.10	32.5
S70A50D15	7.26	21.0	1.87	32.5	1.14	31.3
S70A50D20	7.16	43.2	1.88	46.4	1.15	45.5

I = Incremento R= Reducción

Tabla XVIII. Comparación del peso final (P_f), factor de conversión del alimento (FCA), supervivencia (S) y costos de producción (CP) de juveniles de *Litopenaeus schmitti* alimentados con las dietas S70A50 y S70A50CC5 a diferentes densidades de siembra (D10, D15 D20, respectivamente, 10, 15 y 20 camarones/m^2).

Parámetros	Tratamientos (Alimentos y Densidades)					
	S70A50			S70A50CC5		
	D10	D15	D20	D10	D15	D20
P_f (g)	7.30	7.26	7.16	7.60	7.54	7.47
Incremento (%)				38	38	43
FCA	1.81	1.87	1.88	1.74	1.75	1.80
Reducción (%)				4	6	4
CP (US$/kg)	1.10	1.14	1.15	1.03	1.03	1.06
Reducción (%)				6	9	8
S (%)	100	97.7	98.3	100	100	98.3

Finalmente, al realizar un análisis comparativo del alimento comercial S46 y la dieta que combinó los mejores resultado en ensayos previos (S70A50CC5) se observó que en todos los casos se presentaron mejoras en la respuesta productiva de *L. schmitti* al ser alimentado con S70A50CC5, independientemente de la densidad empleada (Tabla XIX).

Tabla XIX. Comparación del peso final (P_f), factor de conversión del alimento (FCA), supervivencia (S) y costos de producción (CP) de juveniles de *Litopenaeus schmitti* alimentados con las dietas S46 y S70A50CC5 a diferentes densidades de siembra (D10, D15 D20, respectivamente, 10, 15 y 20 camarones/m^2).

Parámetros	Tratamientos (Alimentos y Densidades)					
	S46			S70A50CC5		
	D10	D15	D20	D10	D15	D20
P_f (g)	5.30	4.77	3.96	7.60	7.54	7.47
Incremento (%)	-	-	-	43	58	89
FCA	3.42	3.75	4.82	1.74	1.75	1.80
Reducción (%)	-	-	-	49	53	63
CP (US$/kg)	2.22	2.44	3.13	1.03	1.03	1.06
Reducción (%)	-	-	-	54	58	66
S (%)	80.0	80.0	77.6	100	100	98.3
Incremento (%)	-	-	-	20.0	20.0	21.7

Capítulo 4: DISCUSIÓN

4.1 Experimento I. Sustitución de harina de pescado por harina de soya en dietas practicas para juveniles de camarón blanco *Litopenaeus schmitti*

Los resultados alcanzados en este estudio permiten afirmar que la harina de soya es un adecuado sustituto de la harina de pescado en dietas para juveniles de camarón blanco *L. schmitti*, a un nivel de hasta 75%, a fin fin de maximizar la respuesta de crecimiento, conversión alimenticia y eficiencia proteica. La harina de soya ha sido considerada un buen sustituto de la harina de pescado en dietas para otras especies de camarones (Pascual et al., 1990; Akiyama et al., 1992; Davis y Arnold, 2000; Mendoza et al., 2001). Galindo (2000), evaluó diferentes fuentes proteicas (levadura torula, ajonjolí, harina de camarón, harina de girasol, harina de soya) en el alimento para juveniles de *L. schmitti* y encontró que el mejor crecimiento, conversión del alimento y eficiencia proteica se presentó cuando fue usada la harina de soya.

En la presente investigación, la respuesta óptima se obtuvo al emplear una formulación con 22% de harina de pescado y 32% de harina de soya (S59). Esto representa una razón de 0.7:1. Gaxiola et al. (1996) reportaron una razón similar para maximizar el crecimiento en postlarvas de la misma especie.

Anderes (1982, 1984) indica que, en su medio natural, *L. schmitti* presenta un comportamiento predominantemente herbívoro. Esto guarda relación con la actividad de las enzimas digestivas en las diferentes especies. Para *L. schmitti* la digestibilidad *in vitro* de la harina de soya fue más alta (83.2%), por ejemplo, que para la harina de pescado (70.5%), (Carrillo, 1994).

El peso final, la conversión del alimento y la eficiencia proteica fueron deficientes al sustituir 100% de la harina de pescado (54% de inclusión de harina de soya). Inclusiones de harina de soya superiores a 50% en dietas para otros crustáceos y camarones peneidos han ofrecido resultados desalentadores por la baja palatabilidad y estabilidad del alimento peletizado en el agua (Akiyama, 1990; Lim y Dominy, 1993; Floreto *et al*., 2000).

Lawrence et al. (1986) encontraron que la fuente de proteína animal de origen marino podía suministrarse en niveles tan bajos como 7%, recomendando niveles de harina de soya entre 40 y 50% para *L. schmitti* y otras especies de peneidos Sin embargo, en el presente estudio, la harina de pescado fue la única fuente de proteína animal presente en el alimento. Esto puede ser una limitante para obtener respuestas satisfactorias a altos niveles de sustitución, ya que se ha establecido que la harina de soya puede producir pobre palatabilidad y convertir al alimento en menos atrayente para el camarón (Webster *et al*., 1992; Forster *et al.,* 2002; Thiessen *et al.,* 2003). Por otro lado, la baja estabilidad del alimento en el agua a altas inclusiones de harina de soya (48 y 54%) parece estar asociada a un contenido más alto de fibra en las dietas S88 y S100 (4.1% y 4.3%, respectivamente). Esto resulta en una disminución de la calidad nutricional causada por las pérdidas de materia seca (superiores al 20%/2 hrs). Cruz-Suárez (2004) reportó que alimentos para camarones con estas pérdidas de materia seca son considerados inadecuados y no deben ser empleados. Akiyama *et al*. (1992) y Velasco (2002) recomiendan que el contenido total de fibra en el alimento no exceda 4% porque se incrementan las pérdidas de materia seca en el agua y la producción fecal, se reduce la digestibilidad de la dieta y la eficiencia de las enzimas digestivas. Los resultados en este experimento permiten concluir que dietas para juveniles de camarón blanco *L. schmitti* con sustituciones de harina de pescado por harina de soya cercanas a

75% maximizan la respuesta en el crecimiento, conversión alimenticia y eficiencia proteica, en dietas donde sólo se encuentran presentes estos dos ingredientes como fuentes de proteína y en ausencia de alimento natural.

4.2 Experimento II. Evaluación de dietas con diferentes contenidos de harina de soya en la engorda de juveniles de camarón *Litopenaeus schmitti* en estanques fertilizados

Alimentos con sustitución de harina de pescado por harina de soya de 60 y 70% (S59 y S70, respectivamente) permitieron incrementos en el peso (10-12.6%), mejoras en la conversión alimenticia (hasta 12.5%), y una disminución en el costo del alimento (3- 8%) comparados con el alimento S46 (con 46% de sustitución). La sustitución se traduce en una disminución del costo de producción entre 14 y 19%. Los resultados demuestran la factibilidad económica de sustituir hasta un 70% de harina de pescado por harina de soya en la dieta para *L. schmitti*, en cultivo semintensivo a densidades de siembra de hasta 10 camarones/m^2.

Paripatananont et al. (2001) examinaron la calidad nutricional de concentrados de soya en relación a la harina de pescado en dietas para *Penaeus monodon.* Encontraron que el concentrado de soya podía reemplazar hasta 50% da la harina de pescado sin efectos adversos sobre el crecimiento, FCA ó supervivencia. Por su parte, Tacon et al. (2002) evaluaron un concentrado proteico de soya para reemplazar la harina de pescado de alta calidad en dietas para juveniles de *L. vannamei* a bajas densidades (5.5 camarones/m^2). Los resultados indicaron que, en ausencia de fuentes endógenas de nutrientes, el concentrado de soya podía reemplazar hasta 75% de la harina de pescado, mientras que, cuando estuvieron presentes fuentes endógenas como partículas de material orgánico, el concentrado proteico de soya podía sustituir totalmente el pescado. De manera similar, Samocha et al. (2004),

Tidwell y Coyle (2004) y Davis et al. (2004) sustituyeron harina de pescado en dietas para crustáceos por harina o co-extruído de soya y fuentes alternas de proteína, como subproductos de destilería o de aves, sin encontrar resultados adversos, cuando el balance de aminoácidos es adecuado.

Indudablemente existe un enorme interés por reducir el costo de producción y mejorar la eficiencia de los alimentos balanceados para camarones. Los resultados alcanzados en este trabajo reflejan la posibilidad de reducir significativamente la harina de pescado en la dieta como fuente fundamental de proteína para *L. schmitti*, cuando se garantizan sus requerimientos nutricionales, tales como aminoácidos y ácidos grasos esenciales (Devresse, 1999; Fox *et al*., 2004). Por ello, se continúa la búsqueda de nuevas dietas, específicas para cada especie y sistemas de cultivo, que utilicen nuevos ingredientes, aditivos naturales y promotores de crecimiento, de menor costo.

4.3 Experimento III. Empleo de ingredientes estimuladores del consumo en alimentos con alto contenido de harina de soya para juveniles de *Litopenaeus schmitti*

La respuesta de los camarones a los diferentes alimentos, permitió afirmar que el enriquecimiento con harina de cabezas de camarón (CC 5%) o el recubrimiento con de aceite de pescado (RAHT 0.5%), hicieron más atrayentes, incitantes y estimulantes estos alimentos que el control S70, lo que se reflejó en mejores resultados en los parámetros productivos medidos. Un comportamiento semejante fue obtenido por Cruz-Suárez et al. (1993) y Sarac y Smith (1998), al obtener mejoras en la tasa de crecimiento y de conversión alimenticia, al alimentar juveniles de *L. vannamei* y *Penaeus monodon*, respectivamente, con alimentos que incluían harina de cabezas de camarón al 6% y

desperdicios de camarón. El atractante estimula a los animales a consumir más rápido el alimento, reduciéndose la lixiviación de nutrientes en el agua.

Sobre los componentes de las harinas de crustáceos que las hacen favorables para ser incluidas en el alimento de organismos acuáticos, Valdés-Martínez (1983) y Carr et al. (1996) determinaron que la betaina se presenta en niveles significativos en el tejido de crustáceos, siendo ésta un excelente atrayente para organismos acuáticos (Guerin, 2000; Métallier y Guillaume, 2001). Carr et al. (1996) cuantificaron altas cantidades de taurina, en algunos invertebrados marinos, aminoácido que induce a los camarones a la alimentación (Zimmer-Faust, 1987).Meyers (1986) y Akiyama et al. (1993) señalaron que las harinas de camarón y sus subproductos son ricas en quitina, la cual parece tener efectos promotores del crecimiento.

En el presente estudio, los alimentos experimentales fueron isoproteicos y de composición similar. Por ello, se considera que la presencia de atrayentes favoreció positivamente el aprovechamiento de la proteína, como lo mostró el comportamiento en la EP. Esto se reflejó en un menor FCA y mayores tasas de crecimiento y supervivencia.

Las mejoras en el poder de atracción y consumo del alimento RAHT0.5%, se deben a que el asperjado de aceite de pescado sobre la superficie externa del alimento permite una respuesta rápida del organismo (Mendoza et al., 1999), aumenta el poder de atracción y palatabilidad del alimento, y mejora la hidroestabilidad al servir de aislante que retarda la entrada del agua al interior del alimento (Moncada, 1999), lo que contribuye a reducir las pérdidas de nutrientes por lixiviación (Tacon, 1989; Yacoob y Suresh, 2002). De esta

manera, la cantidad y calidad de nutrientes disponibles para la digestión y asimilación aumentan (Lee y Lawrence, 1997).

La reducción en la tasa de conversión del alimento (25%), producto del mayor poder de atracción de los alimentos con aditivos, representa un beneficio económico para producir un kilogramo de camarón. Esto, aunado a los incrementos en el peso (17.9 y 16.3%), que pueden alcanzar precios de venta superiores, convierten a los alimentos CC5% y RAHT 0.5% en económicamente más rentables que S70, con reducciones en los costos de producción de 28 y 25%, respectivamente. De los resultados del presente experimento, parece evidente la necesidad de incluir ingredientes estimulantes del consumo en alimentos para juveniles de *L. schmitti* con alto contenido de harina de soya.

4.4 Experimento IV. Astaxantina (*Carophyll pink*) como aditivo en dietas practicas para juveniles de camarón blanco *Litopenaeus schmitti*

Los resultados muestran que el crecimiento, la conversión del alimento y el aprovechamiento de proteína en la dieta por juveniles de *L. schmitti* fueron mejores cuando la astaxantina estuvo presente en cantidades de al menos 50 mg/kg de alimento.

Tacon y Kurmarly (1996) observaron que las concentraciones de astaxantina en camarones silvestres son más altas (50-80 mg/kg) que las estimadas para las poblaciones en cautiverio (10 mg/kg). Esto corrobora la necesidad de adicionar este pigmento en la dieta en cantidades que varían de acuerdo a los requerimientos de la especie, fase a alimentar y sistema de cultivo (Meyers y Latscha, 1997).

En este estudio los tratamientos con altas concentraciones de astaxantina (50, 75 y 100 mg/kg) permitieron un incremento significativo (33-36%) en el crecimiento comparados con

el control. Kurmaly (1994; 1995), Arango (1999), Meyers (2000) y Martínez-Córdova et al. (2002), entre otros, han indicado que la astaxantina estimula el crecimiento cuando es adicionada en la dieta. Resultados similares en crecimiento fueron obtenidos por Chien y Jeng (1992) en *Marsupenaeus japonicus* al proporcionar dietas con 50 y 100 mg/kg del pigmento. Arango et al. (1996) y Arango (1996), por su parte, alcanzaron incrementos del crecimiento de 10 y 29% para *L. vannamei* al emplear 50 mg/kg de astaxantina en el alimento.

Los valores de FCA significativamente más bajos al incluir astaxantina a 50, 75 y100 mg/kg permitieron un ahorro en el consumo del alimento de hasta 37 % con respecto al control, indicando una mejor asimilación de las dietas. Arango et al. (1996), usando 50 mg/kg de astaxantina, observaron una reducción en la conversión alimenticia de 8.3% en *L. vannamei.*

Galindo (2000) ofreció alimentos con 27-35% de proteína a juveniles de *L. schmitti* y obtuvo valores de eficiencia proteica inferiores (0.77) a los reportados en este trabajo. Esto pudiera estar relacionado con la calidad de los ingredientes empleados, el nivel de nutrientes y la biodisponibilidad de éstos **(**Cruz-Suárez *et al.,* 1999; Dewresse, 1999). En este experimento, las dietas utilizadas fueron isoproteicas (28% PC), y los valores de eficiencia alimenticia más altos se alcanzaron con dietas que contenían al menos 50 mg/kg de astaxantina, lo que indica que los camarones utilizaron la proteína más eficientemente.

En cuanto a la supervivencia, Boonyaratpalin et al. (2001) no encontraron efectos significativos en peso, FCA o supervivencia de *P. monodon* alimentados con dietas con concentraciones de astaxantina de 50mg/kg. Chien y Shiau (2005) reportan incrementos significativos en la supervivencia de *M. japonicus* alimentados con dietas que contenían 50

y 100 mg/kg de astaxantina pero no en el crecimiento. Yamada et al. (1990), Chien y Jeng (1992), y Martínez-Córdova et al. (2002) reportan altas supervivencias cuando se usa astaxantina como aditivo en el alimento. En este estudio no se reportan diferencias significativas en porcentaje de supervivencia, el cual fue alto para todos los tratamientos. Sin embargo, se observó una tendencia en la que la mortalidad aumenta a baja concentración de astaxantina (25mg/kg) y en ausencia de esta.

Los mejores resultados alcanzados al usar astaxantina, pueden ser explicados por el rol fisiológico que juega este pigmento al formar compuestos de alta densidad como carotenoproteínas y caroteno-lípido-proteína que participan en: a) protección de la membrana lipídica de la peroxidación (Miki, 1991); b) estimulación de la respuesta inmune y resistencia a las enfermedades (Bendich, 1989; Merchie *et al.*, 1998; Scholz *et al.*, 1999); y c) en el desarrollo general de los organismos (Prabhala *et al.*, 1989; Menasveta *et al.*, 1993). Este estudio indica que 50 mg/kg de astaxantina son suficientes para estimular el crecimiento de juveniles de *L. schmitti*. Sin embargo, los resultados de las curvas dosis-respuesta mostraron que el valor óptimo se encuentra en un intervalo entre 25 y 50 mg/kg, lo que indica que la dosis recomendable pudiera ser reducida y aún así maximizar la respuesta.

4.5 Experimento V. Evaluación de dietas con alto contenido de harina de soya en sustitución de harina de pescado, estimulantes del consumo y astaxantina, en juveniles de *Litopenaeus schmitti* cultivado a diferentes densidades

Los resultados muestran que emplear S70A50CC5 con harina de cabezas de camarón y astaxantina, permitió obtener valores de P_f significativamente más altos respecto al resto de los alimentos, independientemente de la densidad. Los beneficios que se atribuyen a la

astaxantina al ser usada como aditivo en el alimento para la engorda de camarones peneidos se corroboraron cuando, el alimento S70A50 enriquecido con 50mg/kg del pigmento permitió incrementos significativos del P_f (hasta un 43%), así como reducciones del FCA (hasta 46%) con valores de supervivencias significativamente superiores, lo que contribuyó a la reducción de los costos de producción por consumo de alimento, respecto a S70 que no lo contenía. Beneficios semejantes fueron alcanzados en cultivo comercial para *Penaeus monodon* (Kurmaly, 1994) y para *L. vannamei* (Arango *et al.*, 1996; Martínez-Cordova *et al*., 1998) al emplear alimentos enriquecidos con astaxantina en cantidades de 50 mg/kg. En este sentido, Chien y Shiau (2005), reportaron mayor supervivencia de juveniles de M*arsupenaeus japonicus* al adicionar astaxantina, mientras que Latscha (1991), Yamada *et al.* (1990) y Martínez-Córdova *et al*. (2002). reportan que la astaxantina permite incrementos en el peso y la supervivencia.

La astaxantina incorporada en la dieta actúa como reserva intracelular de oxígeno, permitiendo a los organismos acuáticos desarrollarse aún en condiciones estresantes, como ocurre con el aumento de la densidad del cultivo (Meyers y Latscha, 1997).

En esta investigación se vio como, aunque la densidad incidió de forma significativamente negativa en el crecimiento al incrementarse de 10 a 20 camarones/m^2, este efecto se hace menos marcado cuando se emplearon los alimentos enriquecidos con astaxantina (S70A50CC5 y S70A50). Por otro lado, la supervivencia se incrementó significativamente (99%) respecto a los tratamientos S70CC5, S70 y S46 (91, 81 y 79 % respectivamente).

Los beneficios de la harina de cabeza de camarón han sido reconocidos por varios autores (Cruz-Suárez *et al.*, 1993; Cuzon *et al.*, 1994; Smith *et al.*, 2005). Se ha planteado que este

ingrediente mejora la atracción hacia el alimento y palatabilidad del mismo (Hertrampf y Farooq, 2001), contribuyendo a minimizar el tiempo de exposición del alimento en el agua, las pérdidas de nutrientes y mejorando la eficiencia de alimentación (Tacon *et al.*, 2000). También se le atribuye un efecto promotor del crecimiento (Shiau y Yu 1998; Williams *et al*., 2005).

Aunque la harina de cabezas de camarón contiene astaxantina, la concentración de ésta en el alimento era significativamente más baja que en S70A50. Esta diferencia se evidenció a 20 camarones/m^2, en términos de conversión alimenticia.

La interacción entre la densidad y el alimento ofreció un patrón de respuesta diferenciado en el crecimiento y FCA ante la densidad de siembra, dependiendo del tipo de alimento empleado, en el que los alimentos que no contenían ningún aditivo (S70 y S46) produjeron afectaciones negativas más acentuadas, tanto en P_f como FCA al aumentar la densidad. Esto refleja menos calidad nutricional en las dietas S70 y S46, que pudo agudizarse a mayores densidades de cultivo por la mayor competencia entre los camarones por el alimento natural disponible en el estanque (Martínez-Córdova et al. 1998).

Los resultados del efecto de la densidad en el crecimiento y la supervivencia de camarones peneidos son contradictorios. Muchos han encontrado un efecto negativo de la densidad en el crecimiento (Ray y Chien, 1992; Rodríguez *et al.*, 1993), mientras que en otros casos no se han encontrado efectos significativos (Browdy *et al*., 1991; Santos *et al*., 1991). Díaz-Granda (1995) encontró que la densidad de siembra influyó negativamente en el crecimiento durante la precría de *L. schmitti*, pero no tuvo efectos significativos en la supervivencia. Estas diferencias en los resultados pudieran relacionarse a la especie estudiada, condiciones de cultivo y calidad del alimento suministrado.

Fraga et al. (2002) evaluaron el efecto de alimentos con diferentes niveles de proteína y densidades con juveniles de *L. schmitti* y recomiendan que cuando se practica un sistema de cultivo semintensivo, los estanques no deben sembrarse a densidades superiores a 10 camarones/m^2, además de emplear alimentos con 30% de proteína.

En esta investigación se observó que el alimento usado a nivel comercial en Cuba, con 32% de proteína (S46) produjo los peores resultados en crecimiento, FCA, supervivencia y rentabilidad, para cualquiera de las densidades ensayadas, con respecto a las nuevas formulaciones con 28% de proteína. Dichos resultados indican que, a efecto de incrementar la densidad de cultivo, la calidad general del alimento es preferible sobre el nivel de contenido proteico exclusivamente. Con esto se corrobora lo planteado por Robertson et al. (1993), Shiao (1998), Villarreal y Peláez (1999), y Mclntosh (2000) al expresar que, cuando se incrementa la densidad del cultivo, los organismos dependen en mayor medida del alimento artificial como fuente de nutrientes y es por esta razón que el mismo debe ser de mayor calidad, debiendo satisfacer todas las exigencias nutricionales de la especie para garantizar un adecuado crecimiento.

El costo por kilogramo de camarón producido, correspondiente al alimento S70A50CC5, para el cultivo a 10, 15 y 20 camarones/m^2, sufrió una reducción de 54, 58 y 66% respectivamente, en relación con el alimento comercial S46. Esto demuestra claramente la factibilidad de efectuar los cambios en la formulación del alimento comercial. El incremento en la eficiencia productiva está relacionado con la reducción del índice de conversión alimenticia, que representa mayor aprovechamiento del alimento adicionado, lo que favorece la rentabilidad en el cultivo.

Como consecuencia de lo logrado en este estudio, se puede afirmar que la sustitución de 70% de la harina de pescado por harina de soya en el alimento comercial de engorda es factible. El enriquecimiento con 50 mg/kg del pigmento carotenoide astaxantina, la sustitución de 5% de harina de pescado por harina de cabezas de camarón y el rociado del alimento peletizado con 0.5% del aceite de pescado permiten incrementar la densidad de siembra a más de 10 camarones/m^2 sin afectar negativamente el crecimiento, la supervivencia y la eficiencia alimenticia. Estos avances nutricios permiten disminuir el costo de producción en el cultivo semintensivo del camarón blanco *L. schmitti.* Además, el incremento en la tasa de crecimiento puede contribuir a alcanzar la talla comercial más rápidamente, lo que implicaría una disminución en el tiempo del cultivo, reduciendo los riegos de enfermedades y en términos generales, los costos de operación de la granja.

Capítulo 5: CONCLUSIONES

1. En dietas donde sólo se encuentran presentes harina de pescado y harina de soya como fuentes de proteína, y en ausencia de alimento natural, los juveniles de camarón blanco *Litopenaeus schmitti* responden satisfactoriamente a una sustitución de hasta 75% de harina de pescado por harina de soya, en términos de crecimiento, conversión alimenticia y eficiencia proteica.
2. La engorda semintensiva en estanques fertilizados, a razón de 10 juveniles de camarón blanco *Litopenaeus schmitti* por metro cuadrado, es factible empleando alimentos donde se sustituye la harina de pescado por harina de soya en 70%, cuando sólo se encuentran presentes en el alimento estos dos ingredientes como fuentes de proteína. Con ello se logran incrementos de 12.6% en peso final, reducción del factor de conversión del alimento en 12.5%, disminución de 8% en el costo del alimento y la disminución del costo de producción, por concepto de alimentación, en un 19%.
3. El empleo de aditivos estimuladores del consumo, como la harina de cabezas de camarón o el rociado del alimento con aceite de pescado, es una alternativa que brinda mayor poder de atracción y palatabilidad a alimentos con elevado contenido de harina de soya, además de permitir incrementos significativos del crecimiento, mejorar la eficiencia proteica, favorecer la reducción del factor de conversión del alimento e incrementar la supervivencia de *Litopenaeus schmitti*, lo que reduce el costo por kilogramo de camarón producido en 25%.
4. El empleo de 50 mg/kg del pigmento carotenoide astaxantina en el alimento, es suficiente para estimular incrementos significativos del crecimiento, mejorar la

eficiencia proteica y favorecer la reducción del factor de conversión del alimento de juveniles de *Litopenaeus schmitti*.

5. Al emplear un alimento donde se sustituye 70% de la harina de pescado por harina de soya y 5% por harina de cabezas de camarón, se enriquece con 50 mg/kg de astaxantina y se cubre por rociado con 0.5% del aceite de pescado, se logra un alimento nutricionalmente más eficiente, respecto al alimento comercial empleado en Cuba, que permite aumentar la densidad de siembra de 10 a 20 camarones/m^2. Esto genera incrementos en el crecimiento superiores a 43%, mejoras en la supervivencia de 22% y reducciones de 49% en el FCA. Las mejoras productivas repercuten significativamente en la rentabilidad del cultivo mediante la reducción del costo por kilogramo de camarón producido de hasta 66%.

Capítulo 6: RECOMENDACIONES

Como consecuencia de los resultados alcanzados en este estudio, se establece que se puede incrementar la densidad de siembra hasta 20 camarones/m^2 en el cultivo semintensivo del camarón blanco *Litopenaeus schmitti*, mediante el empleo de la nueva formulación S70A50CC5. De esta forma se ofrece un alimento nutricionalmente eficiente y económicamente más rentable que el alimento comercial existente.

Ya que el alimento incide significativamente en el costo de producción y la rentabilidad de la granja, futuras investigaciones deben dar continuidad a esta investigación, profundizando en la búsqueda de otras estrategias de alimentación que mejoren la eficiencia de uso del mismo.

Capítulo 7: LITERATURA CITADA

Akiyama, D. M. (1990). The use of soybean meal to replace white fish meal in commercially processed *Penaeus monodon* feeds in Taiwan. En: Takeda, M. y Watanabe, T. (Eds.). The Current Status of Fish Nutrition in Aquaculture. *Procceding. 3rd Internacional Symposium on Feeding and Nutrition in Fish*, Toba, Japan, pp. 289-299.

Akiyama, D. y Chuang, N. (1993). Requerimientos nutricionales del camarón y manejo del alimento. En: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D. y Mendoza-Alfaro, R. (Eds.). *Memorias del 1er Simposio Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos para Acuacultura*. Monterrey, México, pp. 479-491.

Akiyama, D.; Dominy, W.G. y Lawrence, A. L. (1991). Penaeid shrimp nutrition for the commercial feed industry: revised. En: Akiyama, D. M. y Tan R. K. H (Eds). *Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop*. American Soybean Association, Singapore, Sep 12–25, 1991, Indonesia, pp: 80-98.

Akiyama, D., Dominy, W.G. y Lawrence, A. L. (1992). Penaeid shrimp nutrition. En: Fast A.W. y Lesters L. J. (Eds.). Marine Shrimp Culture: Principles and Practices. Elseviers Sci. Publishers B.V., 535-568 pp.

Akiyama, D., Dominy, W. G. y Lawrence, A. L. (1993). Nutrición de camarones peneidos para la industria de alimentos comerciales. En: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D. y Mendoza-Alfaro, R. (Eds.). *Memorias del 1er Simposio Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos para Acuacultura*. Monterrey, México, pp. 43-79.

Alvarez J. S, Galindo J., Jaime B., Anderes B. y Pelegrin E. (1996). Empleo de diferentes niveles de proteína en dietas prácticas para el engorde del camarón *Penaeus schmitti* en estanques de tierra. *Rev. Cub. Invest. Pesq.* 20(2): 35-39

Alvarez-Ortegón, I. (2003). *Tasa de ingestión y conducta alimenticia de reproductores de L. vannamei: Efecto de atractantes/estimulantes alimenticios sintéticos en dietas.* Tesis en opción al grado de Master en Ciencias, Escuela Superior del Litoral, Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar. Guayaquil, Ecuador. 65 pp.

Anderes B. (1982). Composición de la base alimentaria de camarones comerciales del género Penaeus y su relación con la meiofauna. *Rev. Cub. Invest. Pesq*. 7(3): 77-93.

Anderes B. (1984). Espectro alimentario de los camarones rosado y blanco (*Penaeus notialis* y *Penaeus schmitti*) en la Ensenada de La Broa. *Rev. Cub. Invest. Pesq*. 8(1): 51-64.

Anónimo (2003). Manual de procedimientos Operacionales de Trabajo para el cultivo del camarón blanco *Litopenaeus schmitti*. Departamento de Control de la Calidad. GEDECAM. 233 pp.

Anónimo (2006). El Dicamarón. Diccionario de Camaronicultura. ISBN 970-27-0969-5. Chong-Carrillo O. Vega-Villasante F. (Eds.). Segunda Edición. Universidad de Guadalajara-Centro Universitario de la Costa-UH. 123 pp.

AOAC, 1995. 16th edn. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, Vol. I, Washington, DC, USA, 1234 pp.

Arango, G. (1999). Resumen de la evaluación sobre la utilización de astaxantina en nutrición de camarones. En: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D. y Mendoza-

Alfaro, R. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola III. *Memorias del Tercer Simposio Internacional de Nutrición Acuícola*, Monterrey, Nuevo León, México, pp. 423–432.

Atema, J. (1988). Distribution of chemical stimuli. En: Atema, J., Popper, A. N., Fay, R. R. y Tavolga, W. N. (Eds). *Sensory Biology of Aquatic Animals*. Springer-Verlag, New York, pp. 29-56.

Baruah, K., Sahu, N. P., Pal, A. K. y Debnath, D. (2004). Dietary phytase: An ideal approach for a cost effective and low-polluting aquafeed. WorldFish Center Quarterly. *Nasa* 27(3-4):15-19.

Bendich, A. (1994). Recent advances in clinical research involving carotenoid. *Pure Appl. Chem.* 66: 1017-1024.

Berger, C., (2001). Aportes de la Biotecnología a la alimentación y a la inmunoestimulación de camarones. Panorama Acuícola 6(2), 8-10.

Boonyaratpalin, S. T., Supamattaya, K., Britton, G. y Schlipalius, L. E. (2001). Effects of ß carotene source, *Dunaliella salina*, and astaxanthin on pigmentation, growth, survival and health of *Penaeus monodon*. *Aquacult. Res.* 32:182-190.

Bureau, D. P., Viana, Ma. T. (2003). Formulating cost-effective and environmentally-friendly feeds. *Aqua Feed International* 6(3):20-21.

Burton, G.W. (1989). Antioxidation of carotenoids. *J. Nutr.* 119:109-111.

Carr W. E. y Derby C. (1988). Behavioral chemoattractants for the shrimp, Palaemonetes pugio: identification of active components in food extracts and evidence of synergistic mixture interactions. *Chemical Senses* 11(1): 49-64.

Carr, W. E., Netherton III, J. C., Gleeson R. A. y Derby C. D. (1996). Stimulants of feeding behavior in fish: analyses of tissues of diverse marine organisms. *Biol. Bull.* 190: 149-160.

Carrillo O. (1994). Producto multienzimático del hepatopancreas de camarón reactivo y suplemento dietético. En: Mendoza, R., Cruz- Suárez, E. y Ricque–Marie, D. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola. *Memorias del Segundo Simposio Internacional de Nutrición Acuícola.* Monterrey, Nuevo León, México, pp. 21-26.

Carrillo O., Vega F., Nolasco H. y Gallardo N. (2000). Aditivos alimentarios como estimuladores del crecimiento de camarón. En: Cruz-Suárez, L. E., Ricque–Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M. A. y Civera-Cerecedo, R. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola V. *Memorias del Quinto Simposio Internacional de Nutrición Acuícola.* Mérida, Yucatán, México, pp. 276-286.

Ceccaldi, H. J. (1987). La digestión en los crustáceos. En: Espinosa de los Monteros, J. y Labarta, U. (Eds.). *Nutrición en Acuicultura I, CAICYT.* pp. 67-80.

Chamberlaim, G. (1996). Investigación frontera en nutrición acuícola. En: Mendoza, R., Cruz- Suárez, E. y Ricque–Marie, D. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola. *Memorias del Segundo Simposio Internacional de Nutrición Acuícola.* Monterrey, Nuevo León, México, pp. 27-42.

Chamberlain, G. W. y Hunter, B. (2001). Feed Additives: *Global Aquaculture Advocate* 4(4): 61-65.

Chew, B.P. (1995). Antioxidant vitamins affect food animal immunity and health. *J. Nutr.* 125: 18045- 18085.

Chien, Y.H. y Jeng, S. C. (1992). Pigmentation of Kuruma prawn, *Penaeus japonicus* Bates, by various pigment sources and levels and feeding regimes. *Aquaculture* 102: 333-346.

Chien, Y. H., Pan, C. H. y Hunter, B. (2003). The resistance to physical stresses by *Penaeus monodon* juveniles fed diets supplemented with astaxanthin. *Aquaculture* 216: 177–191.

Chien, Y. H. y Shiau, W. (2005). The effects of dietary suplementation of algae and synthetic astaxanthin on body astaxanthin, survival, growth, and low dissolved oxygen stress resistance of Kuruma prawn, *Marsupenaeus japonicus* Bate. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol*., 318, 201-211.

Civera-Cerecedo, R., Goytortúa, E., Rocha, S., Nolasco, H., Vega-Villasante, F., Balart, E., Amador, E., Ponce, G., Colado, G., Lucero, J., Rodríguez, C., Solano, J., Flores, A., Morroy, J. y Coral, G. (2000). Uso de la langostilla roja *Pleuroncodes planipes* en la alimentación de organismos acuáticos. En: Civera-Cerecedo, R., Pérez-Estrada, C. J., Ricque-Marie, D. y Cruz-Suárez, L. E. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola IV. *Memorias del IV Simposio Internacional de Nutrición Acuícola.* La Paz, B.C.S., México, pp. 349-365.

Clifford, H. C. (1998). Manejo de piscinas sembradas con camarón azul *Litopenaeus stylirostris. Memorias Primer Congreso Latinoamericano de Camaricultura*. 6-10 Octubre, 1998, Panamá, Panamá. 10pp.

Clifford, H. C. (2003). Nutrición y Alimentación de camarones peneidos. Conferencia ofrecida en Centro de Obtención y Cría de Larvas de Yaguanabo, Cienfuegos, Cuba. 18pp.

Cordova, J. L., Samocha, T. M., Mckee, D. A. y Arango, J. I. (1998). Efecto de dietas suplementadas con astaxantina sobre el crecimiento y la sobrevivencia de *Penaeus vannamei* en condiciones comerciales de cultivo en Ecuador. *Acuacultura de Ecuador* 1-7.

Cortés-Jacinto, E., Villarreal-Colmenares, H., Civera-Cerecedo, R. y Martínez-Córdova, R. (2003). Effect of dietary protein level on growth and survival of juvenile freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus* (Decapada: Parastacidae). *Aquacult. Nutr.* 9: 207-213.

Costero, M. y Meyers, S. (1993). Consideraciones sobre atrayentes químicos y estimulantes de la alimentación del camarón de cultivo *Penaeus vannamei*. Avances en Nutrición Acuícola. En: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D. y Mendoza-Alfaro, R. (Eds.). *Memorias del 1er Simposio Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos para Acuacultura*. Monterrey, México, pp. 355-364.

Cruz-Suárez, E. (2004). Buenas prácticas de manejo de la alimentación y control de la calidad del alimento. *Curso Internacional "Alimentación y Manejo de Estanques de camarones Marinos",* Fundación La Salle de Ciencias Naturales, 25-29 octubre, Isla Margarita, Venezuela.

Cruz-Suárez, L. E. y Guillaume, J. (1987). Squid protein effect on growth of four penaeid shrimp. *Journal of the World Aquaculture Society* 18:209.

Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D. y Martínez, A. (1993). Evaluación de dos subproductos de camarón en forma de harina como fuente proteica en dietas balanceadas para *Penaeus vannamei*. En: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D. y Mendoza-Alfaro, R. (Eds.). *Memorias del 1er Simposio Internacional de Nutrición y*

Tecnología de Alimentos para Acuacultura. Monterrey, Nuevo León, México, pp. 205-234.

Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D. y Nieto, M. G. (1999). Importancia de la digestibilidad en alimentos para camarón. *Panorama Acuícola* 4(2): 10-12.

Cuenca, E. M. y García-Gallego, M. (1987). Ingesta y conducta alimentaria. En: Espinosa de los Monteros, J. y Labarta, U. (Eds.). *Nutrición en Acuicultura I, CAICYT.* pp. 1-65.

Cuzon, G., Guillaume, J. y Cahu, C. (1994). Composition, preparation and utilization of feeds for Crustacea. *Aquaculture* 124:253-267.

Davis, D. A. y Arnold, C. R. (2000). Replacement of fishmeal in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei. Aquaculture* 185, 291-298.

Davis, D. A., Arnold, C.R.y McCallum, I. (2002). Nutritional value of feed peas (*Pisum sativum*) in practical diet formulations for *Litopenaeus vannamei*. *Aquacult. Nutr*. 8(2):87-94.

Davis, A. D., Samocha, T. M., Bullis, R. A., Patnaik, S., Browdy, C. L., Stokes, A. D. y Atwood, H. L. (2004). Practical diets for *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931): Working towards organis and /or all Plant Production Diets. En: Cruz-Suárez, L. E., Ricque. Marie, D., Nieto López, M. G., Villarreal, D., Scholz, U. y González, M. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola VII. *Memorias del VII Simposio Internacional de Nutrición Acuícola.* Hermosillo, Sonora, México. pp. 202-214.

Dersjant-Li, Y. (2002). The use of soy protein in aquafeeds. En: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola-Cortés, M.G. y Simoes, N. (Eds.).

Avances en Nutrición Acuícola VI. *Memorias del VI Simposio Internacional de Nutrición Acuícola.* Cancún, Quintana Roo, México, pp.542- 558.

Devresse, B. (1998). Nutrition and Health: *The Nutriceutical Approach International Aqua Feed.* pp. 51-60.

Devresse, B. (1999). Las deficiencias nutricionales más frecuentes en alimentos para *Litopenaeus vannamei*. *Panorama acuícola* 4(4):8-11.

Díaz-Granda, E. (1997). *Horarios de alimentación del camarón Penaeus schmitti en condiciones de cultivo semi-intensivo*. Tesis de Maestría, Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de La Habana, Cuba. 90 pp.

Díaz-Granda, E., De la Cruz, A., Arencibia, G. y Martínez, J. C. (1995). Efecto de la densidad de siembra en la precría del camarón *Penaeus schmitti*. *Rev. Invest. Mar.* 16(1-3):75-82.

Du, L. y Niu, C. J. (2003). Effects of dietary substitution of soy bean meal for fish meal on consumption, and metabolism of juvenile giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosembergii. Aquacult. Nutr.* 9: 139-143.

Estermann, R. (1995). Biological functions of carotenoids, an over view. *Proceedings of the Second Roche Aquaculture Centre*. Conference on Nutrition and Disease, june 15, 1995. Bangkok, Thailand.

Fernández, R., Celada, J. D. y Muñoz F. (1987). Nutrición y alimentación en crustáceos. En: Espinosa de los Monteros, J. y Labarta, U. (Eds.). *Nutrición en Acuicultura I, CAICYT*. pp. 1-52.

Fernández, I., Oliva, M., Carrillo, O., Van Wormhoudt, A. (1997). Digestive enzyme activities of *Penaeus notialis* during reproduction and moulting cycle. *J. Comp. Bioch. Physiol.* 118A: 1267-1271.

Floreto, A. T, Bayer, R. C. y Brawn, P. B. (2000). The effects of soybean-based diets, with and without amino acid supplementation, on growth and biochemical composition of juvenile American lobster, *Homarus americanus. Aquaculture* 189, 211-235.

Forrellat, A. (1998). *El hepatopancreas de camarón: fuente de enzimas digestivas para la camaronicultura.* Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas. Universidad Habana, Cuba. 120pp.

Forrellat, A., González, R. y Carrillo, O. (1988). Evaluación de la calidad proteica de alimentos para camarones. *Rev. Invest. Mar*. 10 (1): 81-90.

Forster, I. P., Dominy, W. y Tacon, A. (2002). The use of concentrates and other soy products in shrimp feeds. En: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola-Cortés, M. G. y Simoes, N. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola VI. *Memorias del VI Simposio Internacional de Nutrición Acuícola.* Cancún, Quintana Roo, México, pp. 527-540.

Fox, J.M., Blow, P., Brown, J. H y Watson I. (1994). The effect of various proccesing methods on the physical and biochemical properties of shrimp head meals and their utilization by juvenile *Penaeus monodon* (Fabricius). *Aquaculture* 122: 209-226.

Fox, J. M., Lawrence, A. L. y Smith, F. (2004). Development of a low–fish meal feed formulation for commercial production of *Litopenaeus vannamei*. En: Cruz-Suárez, L. E., Ricque. Marie, D., Nieto López, M. G., Villarreal, D., Scholz, U. y González,

M. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola VII. *Memorias del VII Simposio Internacional de Nutrición Acuícola.* Hermosillo, Sonora, México, pp. 238-258.

Fraga, I., Galindo, J., De Arazoza, M., Sánchez, A., Jaime, B. y Alvarez, J. S. (2002). Evaluación de niveles de proteína y densidades de siembra en el crecimiento del camarón blanco *Litopenaeus schmitt. Rev. Invest. Mar.* 23(2): 141-147.

Fraga, I., Galindo, J. y Pelegrin, E. (2003). Influencia de diferentes tasas de alimentación, niveles de proteína y densidades de siembra en el crecimiento y supervivencia de *Litopenaeus schmitti*. *VI Congreso de Ciencias del Mar, MARCUBA2003*, Ciudad Habana, Cuba.

Fraga, I., Galindo, J., Pelegrín, E. y Regueira, E. (2004). Manejo del alimento en el engorde del camarón blanco *Litopenaeus schmitti*: I. Evaluación de diferentes tasas de alimentación, niveles de proteína y densidades de siembra. *III Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura*, *CIVA 2004 (http://www.civa2004.org*), 533-539.

Fraga, I., Galindo, J., Reyes, R., Alvarez, J. S., Gallardo, N., Forrellat, A. y González, R. (1996). Evaluación de diferentes fuentes proteicas para la alimentación del camarón blanco *Penaeus schmitti*. *Rev. Cub. Invest. Pesq* 20(1): 6-9.

Galindo, J. (2000). Evaluación de niveles y fuentes de proteína en la dieta de juveniles del camarón blanco *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1939) (Crustácea, Decápoda, Penaeidae). *Revista Científica Wiñay Yachay* 4(2): 17-47.

Galindo, J., Alvarez, J. S., Fraga, I., Reyes, R., Jaime, B. y Fernández, I. (1992a). Influencia de los niveles inclusión de lípidos en dietas para juveniles de camarón blanco *P. schmitti*. *Rev. Cub. Invest. Pesq* 17(2):23-36.

Galindo, J., Fraga, I., Alvarez, J. S., Reyes, R., González, R. y Cartaya, R. (1992b) Requerimientos proteicos en juveniles de camarón blanco *Penaeus schmitti*. *Rev. Cub. Invest. Pesq.* 17(1): 47-57.

Galindo, J., Jaime, B .y Alvarez, J. S. (1996). Influencia de la tasa de alimentación sobre el engorde del camarón blanco *Penaeus schmitti*. *Rev. Invest. Mar.* 17(2-3): 235-242.

Gallardo, N. (1998). *Péptidos similares a las insulinas de los mamíferos en la langosta Panulirus argus Latrille (Crustacea, Decapoda). Análisis de la actividad biológica y caracterización de posibles receptores*. Tesis de Doctorado**.** Universidad de La Habana, Cuba. 142 p.

Gallardo, N., González, R., Carrillo, O., Valdés, O. y Forrellat, A. (1989). Una aproximación a los requerimientos de aminoácidos esenciales de *Litopenaeus schmitti*. *Rev. Invest. Mar.* 10 (3): 259-267.

Gallardo, N; Sotomayor, H.; Rodríguez, J.; González, R.; Carrillo, O. y González, 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 SOFCAL.

García, E. (2005). *Utilización del aceite de hígado de tiburón obtenido en Cuba en el desarrollo de productos nutricionalmente mejorados*. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias. CIBNOR, La Paz, BCS, México. 104 pp.

García, T. (1972). Descripción de los estadios larvales del camarón blanco, *Penaeus schmitti* Burkenroad, obtenidos en el laboratorio. Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de la Habana, Cuba. *Serie Invest. Mar*. 1: 1-54.

García, 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.

Garcia, T., Gaxiola, G. y Jaime, B. (1990). Effects of protein energy ratios on the growth and survival of *Penaeus schmitti*. *World Aquaculture 90, Abstracts.* Halifax, Canada. 61 p.

García, G. M., López, H. M., Rodríguez, H. y Villarreal, H. (2003). Growth of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868) (Decapoda: Parastacidae) juveniles fed isoproteic diets with partial or total substitution of fish meal by soy bean meal: preliminary study. *Aquacult. Nutr.* 9, 25-31.

Gaxiola, G., García, T., Jaime, B. y González, R. (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.

González, R. (1998). *Variación de la actividad proteolítica y aminolítica en el hepatopáncreas de Litopenaeus schmitti: Ontogenia y efecto de algunos factores externos e internos.* Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Biológicas. Universidad de la Habana. 113 pp.

González, R., Gómez, M. y Carrillo, O. (1995). Variaciones cronológicas en la actividad de las principales enzimas proteolíticas de *Penaeus schmitti y Penaeus notialis. Rev. Invest. Mar.* 16 (1-3): 177-183.

Guerin, M., (2000). Uso de la betaina en alimentos acuícolas: Atractante, osmoregulador o metabolito lipotrófico?. En: Civera-Cerecedo, R., Pérez-Estrada, C.J., Ricque-Marie, D. y Cruz-Suárez, L. E. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola

IV. *Memorias del IV Simposio Internacional de Nutrición Acuícola,* La Paz, B.C.S., México, pp.492-508.

Hardy, R.W. (1999). Alternate protein sources. *Feed Management* 50: 25-28

Hardy, R.W. (2001). Nuevos descubrimientos en ingredientes de alimentos para uso acuícola y el potencial de las enzimas suplementarias. *Panorama Acuícola* enero/febrero, 6(2):24-25.

Hertrampf, J. W. y Farooq, A. (2001). Judging the attractability of aquafeeds. *International Aqua Feed* 4: 34-36.

Holland, K. N. y Borski, J. R. (1993). A palatability bioassay for determining ingestive stimuli in the marine shrimp *Penaeus vannamei*. *Aquaculture* 109: 153-164.

Jaime, B., Galindo, J. y Alvarez, J. S. (1996a). La frecuencia de alimentación sobre el crecimiento de juveniles de *Penaeus schmitti*. *Rev. Cub. Invest. Pesq.* 20(1): 3-5.

Jaime, B., Galindo, J. y Alvarez, J. S. (1996c). Efecto del alimento natural-artificial y la fertilización en el engorde del camarón blanco *Penaeus schmitti*. *Rev. Cub. Invest. Pesq.* 20(1): 64-68.

Jaime, B., García, T. Galindo, J. y Alvarez, J. S. (1996b). Efecto del tamaño de partículas del alimento de precría de *Penaeus schmitti*. *Rev. Invest. Mar.* 17(2-3): 229-234.

Jaime, B., Machado, R. y Nodar, R. (2003). Efecto de la fertilización con diferentes razones N:P sobre la productividad primaria en la granja camaronera Cultizaza. *Informe Técnico Centro de Investigaciones Pesqueras*. Ciudad Habana, Cuba, 10pp.

Jones, P. L., De Silva, S.S. y Mitchell, D. B. (1996). The effect of dietary protein source on growth and carcass composition in juvenile Australian freshwater crayfish. *Aquaculture International* 4: 361-367.

Jory, D. E. (2001). Manejo Integral del Alimento de Camarón, de Estanques de Producción Camaroneros y Principios de Bioseguridad. *Curso Lance en Acuacultura.* Monterrey Nuevo León, México. 76pp.

Jory, D. E. y Clifford, H. C. (1999a). Proper pond management for prevention of white spot virus in shrimp culture. Part 1. *Aquacult. Mag.* 25(5): 92-95.

Jory, D. E. y Clifford, H. C. (1999b). Proper pond management for prevention of white spot virus in shrimp culture. Part 2. *Aquacult. Mag.* 25(6): 61-65.

Kurashige, M., Okimasu, E., Inoue, M. y Utsumi, K. (1990). Inhibition of oxidative injury of biological membranes by astaxanthin. *Chem. Phys and Med.* 22: 2738.

Kurmarly, K. (1994). Commercial trial results with *Carophyll pink* fed to *Penaeus monodon* in Chantaburi, Thailand. *Aquacult. News* 3(1): 1.

Kurmaly, K., Jones, D. A. y Yule, A. B. (1990). Acceptability and digestion of diets fed to larval stages of *Homarus gammarus* and the role of dietary conditioning behaviour. *Mar. Biol.* 106: 181-190.

Latscha, T. (1989). The role of astaxantin in shrimp pigmentation. Advances in tropical aquaculture. Aquacop. IFREMER. *Actes de Collegue* 9: 319-325.

Latscha, T. (1991). Carotenoids in aquatic animal nutrition. En: Akiyama, D. M. y Tan, R. K. H. (Eds.). *Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop.* American Soybean Association. pp. 68-79.

Lawrence, A., Castille, F. L., Sturmer, L. N. y Akiyama, D. M. (1986). Nutritional response of marine shrimp to different levels of soybean meal in feeds. *American Soybean Association,* Special Publication, pp. 24-36.

Lawrence, A. y Lee, P. H. (1997). Research in the Americas. En: D´Abramo L. R., Conklin D. E., y Akiyama D.M (Eds.). *Crustacean Nutritio*n. *Advances in World Aquaculture Society*, pp. 567-587.

Lawrence, A., Walker, S., Grister, J., Hicks, D., Bray, W. y Fox, J. (2004). Shrimp Chemoattraction and feeding stimulation: Methods, Progress and Significance. En: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Nieto-López, M. G., Villarreal, D., Scholz, U. y González, M. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola VII. *Memorias del VII Simposio Internacional de Nutrición Acuícola* (Abstract). Hermosillo, Sonora, México, pp. 278.

Lee, P. G. y Meyers, S. P. (1996): Chemoattraction and feeding stimulation crustacean. *Aquacult. Nutr.* 2: 157-164.

Liener, I. E. (1994). Implication of anti-nutritional components in soybean foods. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 34: 31.

Lim, C. y Dominy, W. (1990). Evaluation of soybean as a replacement for marine animal protein in diets for shrimp *Penaeus vannanmei*. *Aquaculture* 87: 53-63.

Lim, C. y Dominy, W. (1993) Sustitución de la harina comercial de soya por soya integral en dieta para camarón *Penaeus vannamei.* En: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D. y Mendoza-Alfaro, R. (Eds.). *Memorias del 1er Simposio Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos para Acuacultura*. Monterrey, México, pp. 271-280.

Lim, C., Klesius, P. H. y Dominy, W. (1998). Soybean products. *International Aqua Feeds* 3: 17-23.

Maguirre, G. B., Allan, G. L., Baigent, R. y Frances, J. (1988). Evaluation of the suitability of some Australian and Taiwanese diets fed to leader prawns (*Penaeus monodon*) in ponds. En: Evans, L. H. (Ed.). *Proceedings First Australian Shellfish Aquaculture Conference* Curtin University of Technology, Perth, Australia, pp. 89-104**.**

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

Martínez-Córdova, L. R., Ezquerra, M., Bringas, L., Aguirre, E. y Garza, M. C. (2002). Optimización de alimentos y prácticas de alimentación en el cultivo de camarón en el noroeste de México. En: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola-Cortés, M.G. y Simoes, N. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola VI. *Memorias del VI Simposio Internacional de Nutrición Acuícola.* Cancún, México, pp. 558-581.

Mclntosh, R. P. (2000). Changing paradigms in shrimp farming: IV. Low protein feeds and feeding strategies. *Global Aquaculture Advocate* 3: 44-50.

Menasveta, P., Worawattanamateekul, W., Latscha, T. y Clark, S. (1993). Correction of black tiger prawn *Penaeus monodon* coloration by astaxanthin. *Aquacult. Eng.* 12: 203-213.

Mendoza-Alfaro, R., De Dios A., Vázquez, C., Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Aguilera, C. y Montemayor, J. (2001). Fishmeal replacement with feather-

enzymatic hydrolyzates co-extruded with soybean meal in practical diets for the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquacult. Nutr.* 7: 143-151.

Mendoza-Alfaro, R., Montemayor, J., Verde, J. y Aguilera, C. (1999). Quimoatracción en crustáceos: papel de moléculas homologas. En: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D. y Mendoza-Alfaro, R. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola III. *Memorias del Tercer Simposio Internacional de Nutrición Acuícola.* Monterrey, Nuevo León, México, pp. 365-401.

Mercer, L. P. (1992). The determination of nutritional requirements: mathematical modeling of nutrient- response curves. *J. Nutr*. 122: 706-708.

Merchie, G., Kontara, E., Laven, P., Robles, R., Kurmaly, K. y Sorgeloos, P. (1998). Effect of vitamin C and astaxanthin on stress and disease resistance of postlarval tiger shrimp, *Penaeus monodon* (Fabricius). *Aquacult. Res.* 29: 579-585.

Métallier, R. y Guillaume, J. (2001): Feeding of fish: Applications, raw materials and additives used in fish foods. En: Guillaume, J. S., Kaushik, P. y Métallier, R. (Eds.). *Nutrition and Feeding of Fish and Crustaceans* Praxis Publishing, pp: 279-295.

Meyers, S. (1986). Utilization of shrimp processing wastes. *Infofish Marketing Digest* 4:18-19.

Meyers, S. (2000). Papel del carotenoide astaxantina en la nutrición de especies acuáticas. En: Civera-Cerecedo, R., Pérez-Estrada, C. J., Ricque-Marie, D. y Cruz-Suárez, L. E. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola IV. *Memorias del IV Simposio Internacional de Nutrición Acuícola.* La Paz, B.C.S., México, pp. 473–491.

Meyers, S. y Latscha, T. (1997). Carotenoids in crustacean nutrition. *World Aquaculture Society* pp.164-193.

Miki, W. (1991). Biological functions and activities of animal carotenoids. *Pure and Applied Chemical* 63(1): 141-146.

Moncada, L. F. (1999). Puntos de control en la fabricación de alimentos balanceados para acuicultura. En: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D. y Mendoza-Alfaro, R. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola III. *Memorias del Tercer Simposio Internacional de Nutrición Acuícola*. Monterrey, Nuevo León, México, pp. 543–555.

Montemayor-Leal, J., Mendoza-Alfaro, R., Aguilera–González, C. y Rodríguez-Almaraz, G. (2004). Moléculas sintéticas y extractos animales y vegetales como atractantes alimenticios para el camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. *Revista AquaTIC*: 1-10. http://revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=p&c=183.Consulta en linea 23 de septiembre de 2004.

Muñoz, O. (2004). Comparación entre extruido y pelletizado en alimentos de camarones. En: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Nieto-López, M. G., Villarreal, D., Scholz, U. y González, M. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola VII. *Memorias del VII Simposio Internacional de Nutrición Acuícola* (Resumenes). Hermosillo, Sonora, México, pp. 397-417.

Paripatananont, T., Boonyaratpalin, P. y Chotipuntu, P. (2001). Substitution of soy protein concentrate for fishmeal in diets of tiger shrimp *Penaeus monodon. Aquacult. Res.* 32: 369-374.

Parra, R. y Hernández, I. (1992). Estudio preliminar de los requerimientos nutricionales de juveniles de camarón blanco *Penaeus schmitti* (Burkenroad). *Bol. Red Acuacult* 6(1): 12-16.

Pérez-Farfante, I. y Kensley, B. (1997). Penaeoid and Sergestoid shrimps and prawns of the world, keys and diagnoses for the species and genera. *Mémoires Muséum National d' Histoire Naturalle, Zoologie,* Tome 175, 235 pp.

Prabhala, R.H., Maxey, H.M. y Watson, R. (1989). Enhancement of the expression of activation markers of human peripheral blood mononuclear cells by in vitro culture with retinoids and carotenoids. *J. Leuccocyte Biol.* 45: 249-254.

Ray, W. M. y Chien, Y. H. (1992). The effects of aged sediment and stocking densities on tiger prawns *Penaeus monodon* nursery system. *J. World Aquacult. Soc*. 20(1):25A.

Real Academia de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. (2001). Diccionario esencial de las Ciencias Siglo XXI. ESPASA. 1022pp.

Rengel, F. O. y Cabrera, T. (2002). Comparación en el engorde del camarón *Litopenaeus schmitti* (BURKENROAD, 1936) y *L. vannamei* (BOONE, 1931) en un sistema de cultivo intensivo. Resúmenes. *Aquamar 2002,* pp.49.

Robertson, L., Lawrence, A. L. y Castille, F. L. (1993). Effect of feed quality on growth of the Gulf of Mexico white shrimp, *Penaeus setiferus* in pond pens. *The Texas Journal of Science* 4(1): 69-76.

Rodríguez, E. M., Bombeo, I., Fukumato, S. y Ticar, R. B. (1993). Nursery rearing of *Penaeus monodon* (Fabricius) using suspendend (hapa) net enclosures installed in a pond. *Aquaculture* 112(1):107-111.

Rosenberry, B. (2004). World Shrimp Farming 2004. An annual report. En: Rosenberry, B. (Ed.). *Shrimp News International*, EUA, 276 pp.

Samocha, T. M., Davis, D. A., Saoud, I.P., DeBauld, K. (2004). Substitution of fish meal by co-extruded soybean poultry by product meal in practical diets for the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 231: 197-203.

Santos, B. H., Szyper, J. P. y Ebeling, J. M. (1991). Growth of densities under water limited, semi-intensive management. *World Aquaculture Society, Aquaculture 91*, San Juan Puerto Rico, Abstract. pp. 56.

Sarac, H. Z. y Smith, D. M. (1998). Evaluation of commercial feed attractants. En: Smith, D. M. (Ed.). Fishmeal replacement in aquaculture feeds for prawns. Fisheries Research and Development Corporation, Canberra, pp. 122-137.

Schneider, L. W. (1985). Nutrición Conceptos Básicos y aplicaciones. Mc Graw Hill. USA. 571 p.

Scholz, U., García-Díaz, G., Ricque-Marie, D., Cruz-Suárez, L. E., Vargas-Albores, F. y Latchford, J. (1999). Enhancement of vibriosis resistance in juvenile *Penaeus vannamei* by supplementation of diets with different yeast products. *Aquaculture* 176: 271-283.

Shahidi, O. (1998). Carotenoid pigments in seafoods and aquaculture. *Crit. Rev. Food Sci.* 38: 1-67.

Shearer, K. D. (2000). Experimental design, statistical analysis and modelling of dietary nutrient requirement studies for fish: a critical review. *Aquacult. Nutr.* 6: 91-102.

Shiau, S. Y. (1998). Nutrient requirements of penaeid shrimps. *Aquaculture* 164: 77-93.

Shiau, S. Y. y Yu, Y. P. (1998). Chitin but no chitosan supplementation enhances growth of grass shrimp, *Penaeus monodon*. *J. Nutr.* 128: 908-912.

Smith, D. M., Allan, G. L., Williams, K. C. y Barlow, C. G. (2001). Reemplazos para la harina de pescado para alimentos de camarón en Australia. En: Cruz-Suárez, L. E., Ricque–Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M. A. y Civera-Cerecedo, R. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola V. *Memorias del V Simposio Internacional de Nutrición Acuícola.* Mérida, Yucatán, México, pp. 277-286.

Smith, D. M., Tabrett, S. J. Barclay, M.C. y Irvin, S. J. (2005). The efficacy of ingredients included in shrimp feeds to stimulate intake. *Aquacult. Nutr.* 11: 263-272.

Sokal, R. R., Rohlf, F. J. (1995). *Biometry. The principles and practice of statistics in biological research.* 3rd edición. San Fransisco: Freeman, W. H. y Co., pp.887.

Sudaryono, A., Hoxey, M. J., Kailis, S. G. y Evans, L. H. (1995). Investigation of alternative protein sources in practical diets for juvenile shrimp *Penaeus monodon*. *Aquaculture* 134: 313-323.

Swick, R. A. (2002). Soybean meal quality: assessing the characteristics of a major aquatic feed ingredient. *Global Aquaculture Advocate* 5: 46-49.

Tacon, A. (1989). Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados. Manual de Capacitación. Documento de Campo (4). Programa Cooperativo Gubernamental FAO- Italia. Proyecto AQUILA II. GCP/ RLA/102/ITA. 572 pp.

Tacon, A. (1993). Feed ingredients for crustacean natural foods and processed feedstuffs. *FAO Fisheries Circular* 866, 67 pp.

Tacon, A. (1995). The potential for Fishmeal substitution in aquafeeds. *Infofish International* 3: 29-34

Tacon, A. (1996). Nutritional studies in crustaceans and the problems of applying research findings to practical farming systems. *Aquacult. Nutr.* 1: 165-174.

Tacon, A. y Akiyama, D. M. (1997). Feeds ingredients. En: D´Abramo, L. R., Conklin, D. E., y Akiyama, D. M (Eds.). *Crustacean Nutritio*n. *Advances in World Aquaculture Society* 6: 411-472.

Tacon, A., Cody, J. J., Conquest, L.D, Divakaran, S., Forster, I. P. y Decamp, O.E. (2002). Effects of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. *Aquacult. Nutr.* 8: 121-138.

Tacon, A., Dominy, W. G. y Pruder, G. D. (2000). Global trends and challenges in aquafeeds for marine shrimp. En: Civera-Cerecedo, R., Pérez-Estrada, C. J., Ricque-Marie, D. y Cruz-Suárez, L. E. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola IV. *Memorias del IV Simposio Internacional de Nutrición Acuícola.* La Paz, México. pp.

Tacon, A. y Kurmaly, K. (1996). Nutrition and health management in shrimp culture. *Abstracts of the 1996 Annual Meeting of the World Aquaculture Society*, Bangkok, Thailand.

Tacon, A., Nates, S. F. y McNeil, R. J. (2004). Dietary feeding strategies for marine shrimp: a review. En: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Nieto-López, M. G., Villarreal, D., Scholz, U. y González, M. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola

VII. *Memorias del VII Simposio Internacional de Nutrición Acuícola.* Hermosillo, Sonora, México, pp. 695-706.

Thiessen, D. L., Campbell, G. L. y Tyler, R. T. (2003). Utilization of thin distillers̀ solubles as a palatability enhancer in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets containing canola meal or air classified pea protein. *Aquacult. Nutr.* 9: 1-10.

Tidwell, J. H. y Coyle, S. (2004). Nutrition and Feeding Review-Freshwater prawn. *International Aqua Feed* 7 (3): 12-19.

Torrissen, O. J. (1990). Biological activities of carotenoids in fishes. The current status of fish nutrients in aquaculture. En: Takeda, M. y Watanabe T. (Eds.). *Proceedings of the Third International Symposium on Feeding and Nutrition in fish*. University of Fisheries. Tokyo, Japan. pp 387-399.

Unzueta, M. L., Silveira, R., Prieto, A., Aguirre, G., Porchas, M. A., Vázquez, R. L., Martínez, R. y Lizárraga, M. L. (2002). Susceptibility of *Penaeus schmitti* and to white spot syndrome virus, using *Litopenaeus vannamei* as a reference species. (Resumenes) *Aquamar Internacional,* Cancún, México, p. 58.

Valdés-Martínez, S. (1983). Simultaneous determination of choline and betaine in some fish materials. *Analyst* 108: 1114-1119.

Vega-Villasante, F., Fernández, I., Preciado, R. M., Oliva, M., Tovar-Ramirez, D., Nolasco, H. (1999). The activity of digestive enzymes during the molting stages of the arched swimming *Callinectes arcuatus* Ordway, 1863. *Bull. Mar. Sci.* 65: 1-10.

Vega-Villasante, F., Nolasco, H., Chong, O., Fallarero, A. y Carrillo, O. (2004). Functional Feeds in shrimp nutrition the new research?. Theoretical concept and practical approach. *Panorama Acuícola Magazine* 9(4):21-25.

Vega-Villasante, F., Nolasco, H., Fallarero, A. y Carrillo, O. (2002). Caracterización bioquímica de extracto crudo de *Pleuroncodes planiples* (Crustacea: Galatheidae) como aditivo alimenticio potencial: consideraciones para una nueva pesquería en la costa del Pacífico de México*. Hidrobiológica* 12(2):119-128.

Velasco, M. (2002). Nutrición de camarón. II Curso Lance en Acuacultura. 13-17 mayo, Monterrey, México. 121pp.

Vielma, J., Lall, S. P., Koskela, J. Schoner, F. J. y Mattila, P. (1998). Effects of dietary phytase and cholecalciferol on phosphorus bioavailability in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 163:309-323.

Vijayan, K. K., Sunilkumar-Mohamed, K. y Diwan, A. D. (1997). Studies on moult staging, moulting duration and moulting behaviour in indian shrimp *Penaeus indicus* Milne Edwards (Decapoda : Penaeidae). *J. Aquacul. Trop.* 12(1):53-64.

Villarreal, H. (1995). Utilización de la langostilla en la acuacultura. En: Aurioles, D. y E. Balart (Eds.). *La langostilla: biología, ecología y aprovechamiento*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, B. C. S. México, pp.179-191.

Villarreal, H. y Peláez, A. (1999). Biología y cultivo de la langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus* (Decapoda Parastacidae). Manual de producción, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, México, pp. 1-150.

Webster, C., Tidwell, J., Goodgame, L., Yancy, H. y Mackey, L. (1992). Use of soybean meal and destillers grains with solubles as partial of total replacement of fish meal in diets for channel catfish, *Ictalurus puntatus*. *Aquaculture* 116: 301-309.

Wikins, J. F. 1976. Prawn biology and culture. En: Barnes, H. (Ed) Aberdeen University Press. *Oceanografic. Mar. Biol. Ann. Rev*. 14: 435-507.

Williams, K. C., Smith, D. M., Barclay, M. C., Tabrett, S. J. y Riding, G. (2005). Evidence of a growth factor in some crustacean–based feed ingredients in diets for the giant tiger shrimp *Penaeus monodon. Aquaculture* 250: 377-390.

Yacoob, S. Y. y Suresh, V. (2002). Attractants: a necessary feed additive for compound aquafeeds?. *International Aqua Feed* 5(3): 12-16.

Yamada, S., Tanaka, Y., Sameshima, M. y Ito, Y. (1990). Pigmentation of prawns (*Penaeus japonicus*) with carotenoids. I. Effect of dietary astaxanthin, beta-carotene and canthaxanthin pigmentation. *Aquaculture* 87: 323-330.

Zaldivar, F. J. (2002). Las harinas y aceites de pescado en la alimentación acuícola. En: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola-Cortés, M. G. y Simoes, N. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola VI. *Memorias del VI Simposio Internacional de Nutrición Acuícola.* Cancún, Quintana Roo, México. pp. 516-526.

Zimmer-Faust, R. K. (1987). Crustacean chemical perception: towards a theory on optimal chemoreception. *Biol. Bull.* 172: 10-29.