

# Optimización de Alimentos y Prácticas de Alimentación en el Cultivo de Camarón en el Noroeste de México

Luis R. Martínez-Córdova<sup>1</sup>, Marina Ezquerra-Brauer<sup>2</sup>, Lorena Bringas-Alvarado<sup>1</sup>, Eduardo Aguirre-Hinojosa<sup>1</sup>, Maria del Carmen Garza-Aguirre<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora, Apdo. Postal 1819, Hermosillo, Sonora, 83000 México.

<sup>2</sup>Departamento de Investigación y Postgrado en Alimentos de la Universidad de Sonora, Rosales y N. Héroes, Hermosillo, Sonora, 83000 México.

## RESUMEN

El presente trabajo es una compilación de varias investigaciones realizadas en la Universidad de Sonora, enfocados a la optimización de alimentos y estrategias de alimentación en el cultivo del camarón en el Noroeste de México.

En relación a la optimización de alimentos, se dan resultados obtenidos a nivel experimental y comercial con el uso de carotenoides y Astaxantinas en dietas para postlarvas, prejuveniles, juveniles y preadultos de camarón blanco. Poblaciones experimentales de postlarvas de camarón blanco que recibieron xantofilas tuvieron una sobrevivencia significativamente mayor a aquellas que no las recibieron. En el caso de prejuveniles se observó también que tanto el crecimiento (2.02 g vs. 2.63), como la sobrevivencia (66.6% vs. 73.1%), fueron mayores en los organismos que recibieron xantofilas. En un experimento con juveniles de *L. vannamei*, se encontró que la sobrevivencia fue de 97% en un tratamiento con 104.7 ppm de xantofilas contra 95% en otro usando 58.7 ppm y 88% en el tratamiento control. La acumulación de astaxantina fue significativamente mayor en el tratamiento con mayor concentración de xantofilas. En un experimento similar pero con preadultos y con 30 y 60 días de aplicación, se encontró que tanto la sobrevivencia como la depositación de astaxantina fue mayor para el tratamiento con mayor concentración de xantofila. También se observó que la depositación fue mayor a los 60 días. En otro experimento a nivel de granja comercial se encontró el crecimiento, la biomasa y la depositación de astaxantina fueron mayores en tratamientos con inclusión de xantofilas en la dieta.

Se hizo un estudio preliminar a nivel de granja comercial para evaluar la inclusión de un producto rico en ácidos grasos poliinsaturados en dietas comerciales de camarón. Los resultados mostraron que los parámetros de producción de una dieta con 35% de proteína adicionada con este producto, fueron similares a los obtenidos con una dieta de 40% de

proteína. Por otra parte los niveles de ácidos grasos poliinsaturados en el músculo del camarón, no se vieron aumentados.

En relación a las estrategias de alimentación se encontró que para *L. vannamei*, el ajuste de la ración alimenticia de acuerdo al alimento natural en el sistema dio como resultado parámetros de producción tan buenos como el utilizar charolas para la alimentación completa del estanque y mucho mejores que el utilizar tablas de alimentación. Esta misma tendencia se observó también en otro experimento hecho con *Farfantepenaeus californiensis* en la época invernal. Con respecto al manejo del nivel proteico de la dieta, se observó que *L. vannamei*, se desarrolla adecuadamente con alimentos con 25% de proteína en estanques productivos. *L. stylirostris*, no respondió adecuadamente a alimentos con bajo nivel proteico, sin embargo el ajustar este nivel a la abundancia de alimento natural, dio resultados tan buenos como el usar alimentos con 40% de proteína.

La promoción de alimento natural en el sistema, mediante un adecuado régimen de fertilización y el uso de inductores de zooplancton y zoobentos, se tradujo en mejores crecimientos y tasas de conversión alimenticia del camarón azul, *L. stylirostris*.

Algunos estudios fueron llevados a cabo para ver el efecto del manejo en la calidad postcosecha del camarón cultivado. Se encontró que el nivel proteico de la dieta influye directamente en la textura, actividad proteolítica, entalpia, composición proximal del músculo y calidad microbiológica del producto.

## INTRODUCCIÓN

La nutrición y alimentación son dos de los aspectos más importantes en la actividad camaronícola. El alimento suplementario, además de representar hasta un 50% de los costos operativos (Jory, 2000; Tacon & Cruz, 2000), puede constituir una de las principales causas de contaminación tanto de los sistemas de cultivo como de los ecosistemas en que los efluentes son arrojados (Barg, 1995). Actualmente existe una tendencia entre muchos camaronicultores, a proporcionar alimentos con altos niveles proteicos, considerando que esto acelera el crecimiento de los organismos en cultivo. De hecho se ha sugerido la utilización de alimentos con alto contenido de proteína y bajo de carbohidratos, a fin de aumentar la digestibilidad y minimizar el efecto en la calidad del agua (Chamberlain, 1995). Sin embargo Hopkins *et al.* (1994), no encontraron diferencias significativas en la respuesta productiva del camarón, cuando utilizaron alimentos entre 20 y 40% de proteína cruda, si otros parámetros son manejados adecuadamente. Estudios llevados a cabo en la Universidad de Sonora, mostraron que alimentos con niveles de proteína de 25, 35 y 40%, no presentaron diferencias en cuanto a la respuesta productiva del camarón blanco, *Litopenaeus vannamei* en estanques con suficiente cantidad de alimento natural; sin embargo *L. stylirostris* no respondió de igual manera (Martínez-Córdova *et al.*, 2002b). Un interesante estudio de Lawrence y colaboradores (2002) señala que el nivel de proteína puede ser reducido, manteniendo altos crecimientos, si el perfil de aminoácidos se adecúa a los requerimientos del organismo y su estado de desarrollo.

Por otra parte, es probable que alimentos con mayor cantidad de proteína tengan un efecto más negativo sobre la calidad del agua de los estanques, debido a la mayor producción de metabolitos nitrogenados, especialmente el amonio/amoniaco (Molina-Poveda, 1998; Cho *et al.*, 1994).

Se conocen como alimentos amigables, aquellos que resultan en una adecuada respuesta productiva de los organismos en cultivo, con el menor impacto posible al medio ambiente (Chamberlain, 1995; Kureshy & Davis, 2002). Estos alimentos se caracterizan por contener los niveles de proteína mínimos necesarios para la especie y la fase en que se encuentra el organismo cultivado, así como las condiciones del cultivo. En la formulación de ellos, se utilizan ingredientes más digeribles, inmunoestimulantes, atractantes adecuados que estimulan un rápido consumo de aditivos que atrapan o transforman metabolitos tóxicos. Por otra parte estos alimentos tienen una consistencia óptima para evitar la lixiviación y pérdida de nutrientes,

Los carotenoides son compuestos que además de sus características pigmentarias funcionan como precursores de moléculas bioactivas que intervienen en algunos procesos fisiológicos de diversos organismos (Lehninger, 1975). Los carotenoides se dividen en dos grandes grupos: los carotenos y las xantofilas, las cuales son productos oxidados de los carotenos (Lehninger, 1975). La astaxantina es la xantofila dominante en peces e invertebrados marinos

Se ha relacionado a la astaxantina con posibles efectos inmuno modulatorios en peces y crustáceos, y se ha demostrado que incrementa la resistencia de los sujetos experimentales en algunas pruebas de estrés (Scholz, *et al.*, 1999; Merchie, *et al.*, 1998).

Los crustáceos poseen la capacidad de metabolizar la astaxantina por diferentes vías desde precursores lejanos como el  $\beta$ -caroteno, aunque su depositación se eficientiza cuando es metabolizada desde precursores cercanos como la zeaxantina en el caso de *Penaeus japonicus*, *P. orientalis*, *Litopenaeus stylirostris* y *L. vannamei* (Katayama, *et al.*, 1971, 1972; Tanaka, 1976; Castillo *et al.*, 1981; Katagiri *et al.*, 1987; Okada, 1994, Garza & Aguirre, 1998).

Para la acuicultura intensiva, la naturaleza no alcanza a proveer los requerimientos nutricionales de estos pigmentos, y dado que ni peces ni crustáceos son capaces de sintetizar los carotenoides *de novo*, éstos tienen que ser incluidos en la dieta balanceada (Meyers & Latscha, 1997).

La inclusión de fuentes adicionales de astaxantina o los precursores adecuados en el alimento balanceado influyen positivamente el crecimiento y la sobrevivencia en diferentes etapas del ciclo de vida de algunas especies de camarones peneideos, y contribuye además a eficientizar la respuesta reproductiva de progenitores mantenidos en cautiverio (Yamada *et al.*, 1990; Howell & Matthews, 1991; Chien & Jeng, 1992; Petit *et al.*, 1991).

*Hi-Zea*, es un producto comercial elaborado con base en xantofilas extraídas de la flor del cempasúchil *Tagetes erecta*. Esta fuente natural de carotenoides es producida industrialmente por la empresa Industrial Orgánica, S.A. de C.V. en la Cd. de Monterrey, México. En pruebas de laboratorio se ha demostrado que es eficientemente metabolizada y depositada como astaxantina por las especies *L. vannamei*, y *L. stylirostris* (Cruz-Suárez, Ricque-M & Peña, 1998; Garza & Aguirre, 1998).

Los peneidos son incapaces de satisfacer todos los requerimientos de ácidos grasos de 20 y 22 carbonos a partir de precursores de 3 y 6 carbonos (Clark & Wickins, 1980). Los ácidos grasos 20:5  $\omega$ 3 y 22:6  $\omega$ 3, deben estar presentes en la dieta para obtener crecimientos y sobrevivencias adecuadas (Kanasawa *et al.*, 1970; Jones *et al.*, 1997; Montaña, 1991; Carrillo, 2000). En este sentido se hizo un estudio preliminar para evaluar el efecto de una fuente adicional de ácidos grasos altamente poliinsaturados en la respuesta productiva del camarón blanco, así como en la digestibilidad de las dietas y la depositación de estos ácidos en el músculo del camarón.

La estrategia de alimentación es de enorme importancia en el cultivo del camarón, ya que de ella depende el uso óptimo del alimento suplementario y el aprovechamiento del alimento natural en el sistema. Algunos aspectos importantes a considerar dentro de la estrategia de alimentación se refieren a: forma de suplementar el alimento y ajustar la ración, distribución espacial y temporal del alimento, calidad del alimento a suministrar, entre otros.

Hasta hace poco, la alimentación se proporcionaba totalmente “al boleo”, sobre el fondo de los estanques y la ración era ajustada de acuerdo a la biomasa y talla del camarón, utilizando *tablas de alimentación*. Esta estrategia no tomaba en cuenta el consumo real de los organismos, ni tampoco la contribución del alimento natural, por lo cual se sobrealimentaba o subalimentaba, con los consecuentes efectos adversos en cada caso (Martínez-Córdova, 2000). El uso de charolas, tanto para la alimentación completa, como para monitorear el consumo, ha mostrado ser eficiente (Salame, 1993). Una estrategia propuesta y probada experimentalmente en la Universidad de Sonora (Martínez, 1998a), es la de ajustar la ración a la biomasa de alimento natural en el sistema.

Diversos trabajos han demostrado la importancia del alimento natural en la nutrición del camarón de cultivo, el cual puede representar hasta más del 70% de sus requerimientos nutrimentales (Anderson *et al.*, 1987; Castille & Lawrence, 1988; Martínez-Córdova *et al.*, 1997, 2002 y 1998b; Jory, 1995a, 1995b, 2000). Los principales elementos de la productividad natural utilizados por el camarón para su alimentación, son organismos del zooplancton y del bentos (Chiu & Chen, 1992; Rubright, 1981; Martínez-Córdova *et al.*, 1997; Barraza, 1996; Peña-Messina, 1999). A pesar de estos conocimientos, hasta ahora no se han obtenido grandes ventajas de ellos en las granjas comerciales. El problema radical en que no se ha logrado mantener una adecuada biomasa de estos organismos durante todo el período de cultivo, de tal manera que puedan representar realmente una contribución significativa en la nutrición del camarón (White, 1986; Martínez-Córdova *et al.*, 1998a, 1998b). Se han utilizado diversas prácticas para incentivar el desarrollo de las comunidades

bióticas en los estanques de cultivo de camarón, tales como la fertilización (De la Lanza & Martínez, 1999; Martínez-Córdova *et al.*, 1997; Barraza, 1996; Jory, 1995b) y los promotores de zooplankton y bentos (Zatarain, 2001; Martínez-Córdova *et al.*, 2002). El éxito de estas estrategias ha sido relativo y es necesaria mayor investigación en este campo a fin de optimizarlas.

Por otro lado se sabe que la aceptación de los productos marinos depende de varios atributos de calidad alimentaria, dentro de los cuales están: el que sean seguros para el consumidor, que presenten un buen valor nutricional, además de atributos como el sabor, el color, el olor y la textura. Durante el cultivo de organismos, el acuicultor puede llegar a manejar dentro de ciertos límites las condiciones de producción como temperatura, salinidad, oxígeno, y sobre todo la alimentación. Estos factores influyen en la calidad de los productos al final de la cosecha (Rivas *et al.*, 2001).

## MATERIAL Y MÉTODOS

Los bioensayos que a continuación se mencionan, fueron realizadas en las Unidades Experimentales Peñasco, Kino y Hermosillo del Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora, y las de evaluación post-captura en el Departamento de Investigación y Postgrado en Alimentos, de la misma Universidad. A continuación se describen brevemente los experimentos realizados.

### ***1. - Efectos de la inclusión de una fuente natural de carotenoides (Hi-Zea) en el alimento balanceado de postlarvas de camarón blanco *L. vannamei*.***

Postlarvas (pl 7) de camarón blanco *L. vannamei* fueron mantenidas durante 11 días con seis diferentes estrategias de alimentación. Los tratamientos del I al III incluyeron el uso de nauplios de artemia. En el tratamiento I, esta alimentación fue complementada con CAMARONINA 40%. En el Tratamiento II el complemento fue el mismo alimento balanceado, adicionado con 138 ppm de xantofilas; en el tratamiento III el complemento utilizado fue un alimento microencapsulado de una marca comercial. En los tratamientos del IV al VI se utilizó la misma serie de complementos, pero se prescindió de los nauplios de artemia. Se evaluó la sobrevivencia en cada uno de los tratamientos utilizando un análisis de varianza de una sola vía y una prueba de rangos múltiples.

### ***2.- Efectos de la inclusión de una fuente natural de carotenoides en el alimento balanceado para pre-juveniles de *L. vannamei* cultivados a alta densidad.***

Poblaciones de prejuveniles de camarón blanco fueron cultivadas durante siete semanas en alta densidad (330 camarones/m<sup>2</sup>) para generar una condición de stress. Durante este tiempo se sometieron a 2 tratamientos experimentales. En el Tratamiento I los organismos se alimentaron con CAMARONINA 40%. En el Tratamiento II este alimento fue adicionado con *Hi-Zea* hasta alcanzar una concentración de 138 ppm de xantofilas. Se evaluó estadísticamente el crecimiento y la sobrevivencia de los organismos.

**3.- Efecto de la inclusión de diferentes dosis de xantofilas en el alimento balanceado, sobre el crecimiento, la sobrevivencia, y la pigmentación, de juveniles de *L. vannamei*.**

Juveniles (2.5 g) de *L. vannamei* fueron mantenidos durante 30 días con diferentes estrategias alimenticias. En el Tratamiento I (control) se utilizó un alimento balanceado con 35% de proteína (formulación del DICTUS). En el Tratamiento II este alimento fue adicionado con *Hi-Zea* hasta alcanzar una concentración de 58.7 ppm de xantofilas. En el Tratamiento III, la adición de *Hi-Zea* se hizo hasta alcanzar las 104.7 ppm de xantofilas. Se evaluó estadísticamente la sobrevivencia y la depositación de astaxantina en diferentes regiones del cuerpo (caparazón, cefalotórax y abdomen).

**4.-Efecto de diferentes dosis de inclusión en el alimento balanceado y tiempos de aplicación de xantofilas en la sobrevivencia y pigmentación de preadultos de *L.vannamei*.**

Preadultos de *L. vannamei* fueron sometidos a tres tratamientos experimentales En el Tratamiento I (control) la alimentación se basó en un alimento balanceado con 35% de proteínas (formulación del DICTUS). En el Tratamiento II al mismo alimento se le adicionó *Hi-Zea* hasta alcanzar 58.7 ppm de xantofilas, y en el Tratamiento III la adición de *Hi-Zea* alcanzó las 104.7 ppm de xantofilas Estos tratamientos se aplicaron durante 30 días, al final de los cuales se cosecharon los sujetos experimentales. En los tratamientos IV, V, y VI se utilizó la misma dieta que en los tratamientos I, II, y III, respectivamente, pero el tiempo de aplicación fue de 60 días. Se evaluó la sobrevivencia y pigmentación de los organismos al final del experimento.

**5.- Evaluación del uso de un alimento balanceado adicionado con xantofilas en el cultivo semi-intensivo comercial de *Litopenaeus stylirostris*.**

En el Parque Acuícola La Atanasia, se llevó a cabo una prueba de campo durante 130 días, para evaluar los beneficios de la inclusión del producto comercial *Hi-Zea* incluido en el alimento balanceado de marca Purina, sobre algunas variables zootécnicas del proceso de engorda comercial del camarón azul *L. stylirostris*.

Tabla 1.- Estrategia de aplicación del alimento en los estanques de engorda.

Estanque	Alimento hasta 1g de peso		Alimento desde 1 g hasta cosecha	
	% proteína	* ppm xantofilas.	% proteína	* ppm xantofilas
1	40	200	35	150
2	40	200	35	150
3	40	200	35	75
4	40	200	35	75
5	40	200	35	75
6	40	0	35	0
7	40	0	35	0
8	40	0	35	0
9	40	0	35	0

Se evaluaron: El crecimiento, sobrevivencia, rendimiento y concentración de astaxantina en el cuerpo del camarón.

**6. Inclusión de un producto rico en ácidos grasos poliinsaturados (HUFA) en la dieta sobre los parámetros de producción y composición proximal del camarón blanco, *L. vannamei*.**

El estudio se llevó a cabo en la granja Kino Acuacultores. Se utilizaron 5 estanques de 5 y 8 hectáreas. Se evaluaron dos tratamientos: uno consistente en suministrar el producto rico en ácidos grasos desde el inicio del cultivo hasta la sexta semana; el otro consistió en suministrar dicho producto desde el inicio hasta la novena semana. Se tuvo un estanque como control, con la dieta normal utilizada en la granja. Se llevó un registro de los parámetros de la calidad del agua. Se realizaron biometrías semanales del camarón. Cada mes se colectaron organismos de cada estanque para realizarles análisis proximales en el músculo. Se evaluó el efecto de los tratamientos en el crecimiento, sobrevivencia y composición proximal.

**7. Evaluación de tres estrategias de alimentación en el cultivo semi-intensivo del camarón blanco, *Litopenaeus vannamei* y del camarón café *Farfantepenaeus californiensis*.**

Se evaluaron las siguientes estrategias de alimentación en el cultivo semi-intensivo del camarón blanco (para la época verano otoño) y del camarón café (para la época otoño-invierno):

1. Alimentación al boleto con ajuste de la ración por medio de tablas
- 2.- Alimentación en charolas con ajuste de la ración de acuerdo al consumo aparente
- 3.- Alimentación al boleto con ajuste de la ración de acuerdo a la abundancia de alimento natural en el sistema.

El estudio se hizo en 9 estanques experimentales de 400 m<sup>2</sup> de espejo de agua (tres para cada tratamiento). Se llevó un registro de los parámetros de la calidad del agua, así como de

la composición y abundancia de fitoplancton, zooplancton y bentos. Se determinó el crecimiento total, la sobrevivencia, rendimiento y factor de conversión alimenticia, los cuales fueron analizados estadísticamente.

**8. Manejo del Nivel proteico de la dieta en el cultivo del camarón blanco, *L. vannamei* y del camarón azul, *L. stylirostris*, en estanques de bajo recambio.**

Se evaluaron tres estrategias de alimentación:

1. Alimento con alto nivel proteico (40%) durante todo el cultivo
2. Alimento con bajo nivel proteico (25%) durante todo el cultivo
3. Alimento con diferente nivel proteico (25, 35 o 40%), de acuerdo a la biomasa de alimento natural en el sistema.

La investigación se llevó a cabo en 9 estanques experimentales de 400 m<sup>2</sup> (3 por tratamiento). Se llevó un registro de los parámetros de calidad del agua y comunidades bióticas durante todo el experimento. Se evaluó estadísticamente el efecto de los tratamientos el crecimiento, sobrevivencia, rendimiento y TCA, del camarón.

**9. Promoción, manejo y evaluación del alimento natural en el cultivo del camarón azul, *Litopenaeus stylirostris* y camarón blanco, *L. vannamei*.**

Se hicieron dos corridas: una a nivel de microcosmos (tinajas) con camarón azul, otra con camarón blanco en una granja comercial.

En la primera corrida se utilizaron tres tratamientos, cada uno de ellos con tres réplicas:

- 1.- Tinajas con solamente alimento artificial
- 2.- Tinajas con solo alimento natural promovido
- 3.- Tinajas con alimento artificial más alimento natural promovido.

Para la corrida en granja se utilizaron 2 tratamientos:

- 1.- Tres estanques con la estrategia normal de alimentación suplementaria
- 2.- Tres estanques con promotores de zooplancton.

Para todos los casos se llevó a cabo un registro de los parámetros de calidad del agua, de la composición y abundancia de las comunidades bióticas en el sistema y de los parámetros de producción del camarón: crecimiento, sobrevivencia, rendimiento y factor de conversión alimenticia.

En la primera corrida se hizo además un análisis del contenido estomacal para verificar el consumo de los diferentes grupos por parte del camarón en cultivo.

### ***10. Efecto del nivel de proteína en la dieta sobre la textura, composición química, calidad microbiológica y nutricional del músculo de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) cultivado***

Se trabajó con camarones manejados bajo las condiciones del experimento 8, los cuales fueron alimentados con 3 diferentes concentraciones de proteína (BP: 25, AP: 40% y PV: Proteína Variable). Después de la cosecha se les midió en el músculo, la composición química (AOAC, 1990), la calidad microbiológica (Speck, 1977) y se estimó la calidad nutricional (Hsu *et al.*, 1977). Las colas fueron almacenadas por 10 día en hielo y se evaluó la pérdida de textura utilizando un penetrómetro marca Chatillon (Dunnjaski, 1978).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### ***Experimento 1***

La figura 1 presenta los resultados de la sobrevivencia de postlarvas alimentadas con diferentes complementos, con y sin inclusión de carotenoides. Tanto en los tratamientos complementados con nauplios de artemia, como en aquellos en que no se incluyeron, la sobrevivencia fue significativamente superior, cuando se adicionó una fuente de carotenoides. Esto está probablemente relacionado con el efecto inmunomodulatorio de estos compuestos y con el aumento de la resistencia de los organismos cuando la dieta cuenta con una suficiente cantidad de carotenoides, como ha sido previamente reportado por otros autores como Scholz *et al.* (1999) y Merchie *et al.* (1998).

Diversas investigaciones han demostrado que la inclusión de fuentes adicionales de astaxantina o los precursores adecuados en el alimento balanceado influyen positivamente el crecimiento y la sobrevivencia en diferentes etapas del ciclo de vida de algunas especies de camarones peneidos (Yamada *et al.*, 1990; Howell & Matthews, 1991; Chien & Jeng, 1992; Petit *et al.*, 1991).

### ***Experimento 2***

La Tabla 2 muestra el crecimiento y la sobrevivencia de pre-juveniles de camarón blanco alimentados con una dieta comercial con y sin inclusión de carotenoides. Como se puede observar ambos parámetros fueron significativamente superiores en el tratamiento con inclusión del producto.

Tabla 2.- Peso promedio individual final y porcentaje de sobrevivencia de pre-juveniles de *L. vannamei*.

	Peso promedio final (g)	Sobrevivencia %
Tratamiento I (sin carotenoides)	2.02	66.6
Tratamiento II (con carotenoides)	2.63	73.1

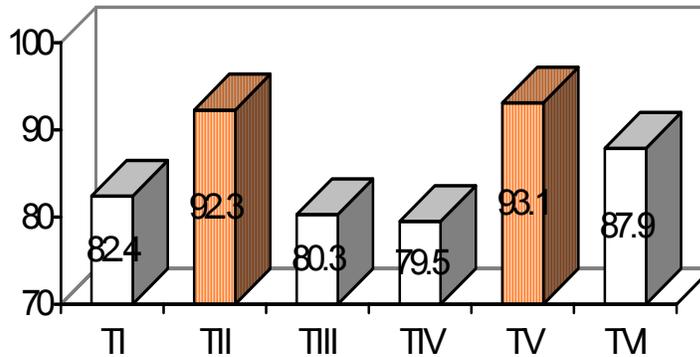


Figura 1. Sobrevivencia de postlarvas de camarón blanco, *L. vannamei*, con y sin inclusión de carotenoides.

Los anteriores resultados confirman, que también para esta etapa, la inclusión de xantofilas tiene un efecto benéfico y confirma las observaciones hechas anteriormente por Aguirre & Col (1998), así como por otros autores.

### Experimento 3.

La Tabla 3, muestra el efecto de diferentes niveles de inclusión de xantofilas, en la sobrevivencia de juveniles de camarón blanco, confirmando lo sucedido en el caso de postlarvas y pre-juveniles.

Tabla 3.- Sobrevivencia de juveniles de *L. vannamei*. Alimentados con dietas comerciales con diferentes niveles de xantofilas.

	TI	TII	TIII
Sobrevivencia %	88	95	97

La Figura 2, muestra la concentración de astaxantinas en diferentes partes del cuerpo de los camarones sometidos a los dos tratamientos. Como se puede observar, las mayores concentraciones se presentaron en los organismos cuya dieta incluyó más carotenoides.

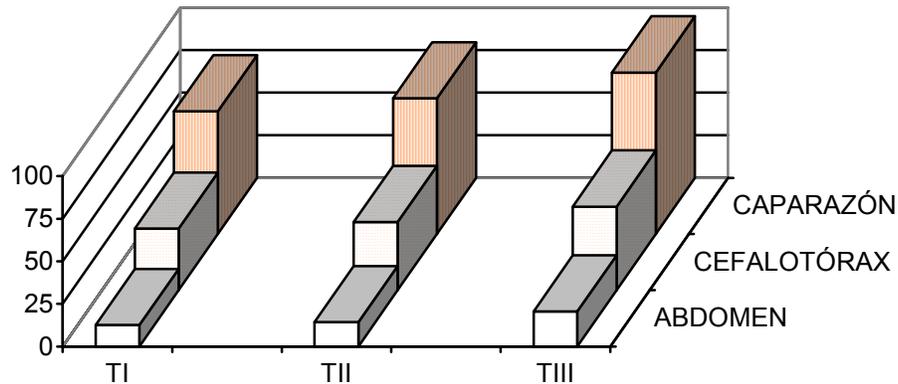


Figura 2.- Concentración promedio de astaxantina en microgramos por gramo de tejido

Los anteriores resultados confirman que los carotenoides incluidos en la dieta del camarón cultivado, son eficientemente incorporados a los tejidos del organismo, sobre todo al caparazón, lo cual mejora su apariencia y como consecuencia, su precio en el mercado.

#### **Experimento 4**

La Tabla 4 presenta los resultados de sobrevivencia de preadultos de camarón blanco alimentados con dietas con diferentes niveles de inclusión de carotenoides y diferentes tiempos de aplicación.

Tabla 4.- Sobrevivencia de preadultos de *L. vannamei*.

	TI	TII	TIII
S % Día 30	93.3	96.7	100
S % Día 60	80.0	93.3	96.0

Las mejores sobrevivencias se observaron en las dietas con mayor nivel de inclusión, tal como sucedió para juveniles. Respecto al tiempo de aplicación, no se observaron diferencias significativas en la sobrevivencia, aunque fueron mayores para la aplicación de 30 días que para la de 60 días. Esto lógicamente se explica por la mortalidad natural a medida que transcurre el tiempo de cultivo. Sin embargo las sobrevivencias para cualquiera de los tratamientos con inclusión de carotenoides fueron excelentes y muy superiores a las obtenidas en cultivos comerciales exitosos (Clifford, 1994; Lee & Wickins, 1991, Martínez-Córdova, 1999).

La Figura 3 presenta la concentración de astaxantina en las diferentes regiones del cuerpo en los tratamientos. A los 30, estas concentraciones no difirieron significativamente. Sin

embargo, a los 60 días la concentración en el cefalotórax y en el abdomen de las poblaciones de los Tratamientos II y III fueron significativamente mayores a la del Tratamiento I. En el caso del caparazón, la concentración en el Tratamiento III, fue significativamente mayor que los otros dos.

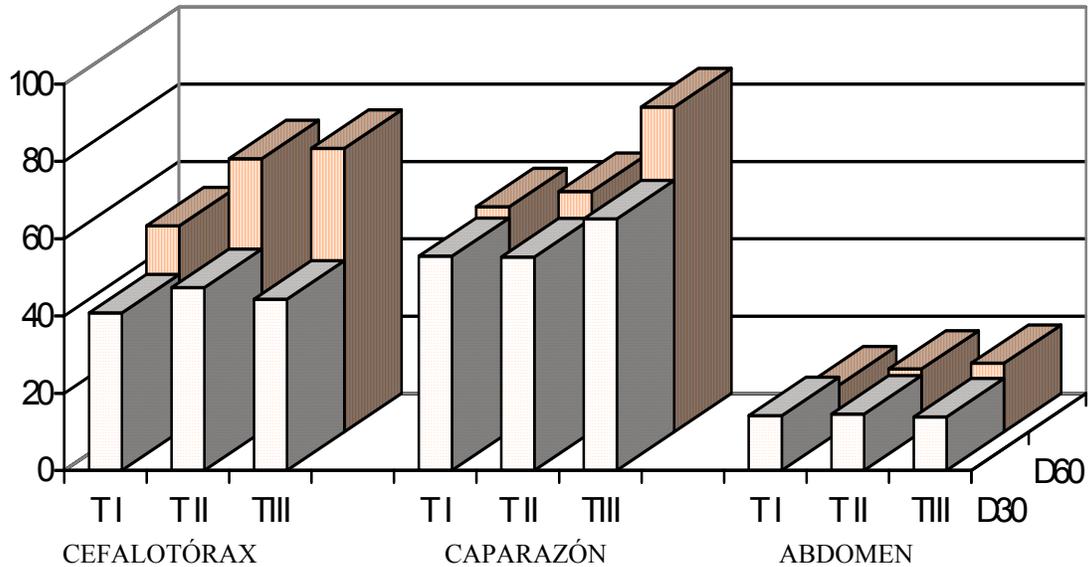


Figura 3. Concentración de astaxantina en diferentes regiones del cuerpo de los preadultos de *L. vannamei* sometidos a los diferentes tratamientos.

### Experimento 5

En relación a la corrida en una granja comercial, la Figura 4 muestra la sobrevivencia de camarón blanco alimentado con dietas sin y con carotenoides. En los estanques en los que se aplicó el alimento enriquecido con carotenoides, la sobrevivencia poblacional fue superior a la de las poblaciones de los estanques del tratamiento control.

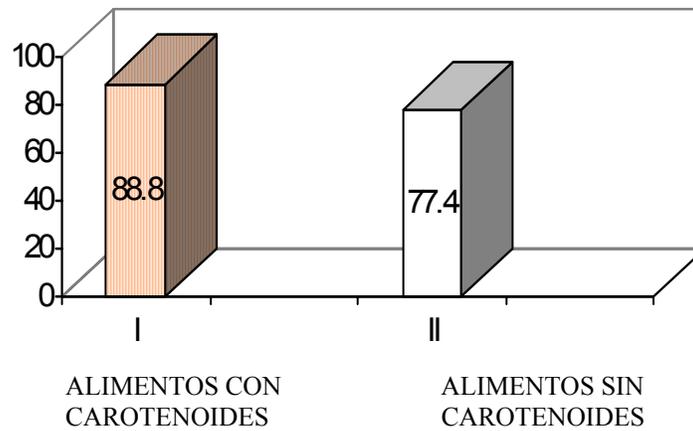


Fig. 4.- Sobrevivencia promedio de *L. vannamei* alimentados con dietas con y sin inclusión de carotenoides en una granja comercial

La Figura 5, muestra la sobrevivencia promedio para las dos diferentes estrategias de aplicación de xantofilas en la granja comercial. No se observaron diferencias significativas entre las dos estrategias de aplicación, pero ambas fueron superiores al control, sin aplicación del producto. Esto indica que una aplicación de 150 y 75 ppm de xantofila es suficiente para mantener altas sobrevivencias. El crecimiento presentó la misma tendencia, con un promedio de 17.25 g, para los tratamientos con inclusión de xantofilas y 16 g para aquellos que no la tuvieron. Como consecuencia de los dos parámetros anteriores, el rendimiento por hectárea fue también mayor en los tratamientos en donde las dietas incluyeron xantofilas (Figura 6). Esto indica una vez más que la inclusión de este insumo, favorece tanto el crecimiento como la sobrevivencia del camarón, lo que se ve reflejado en mejores producciones. Lo anterior concuerda con lo encontrado para *L. vannamei* en las investigaciones de laboratorio previamente relacionadas en este escrito.

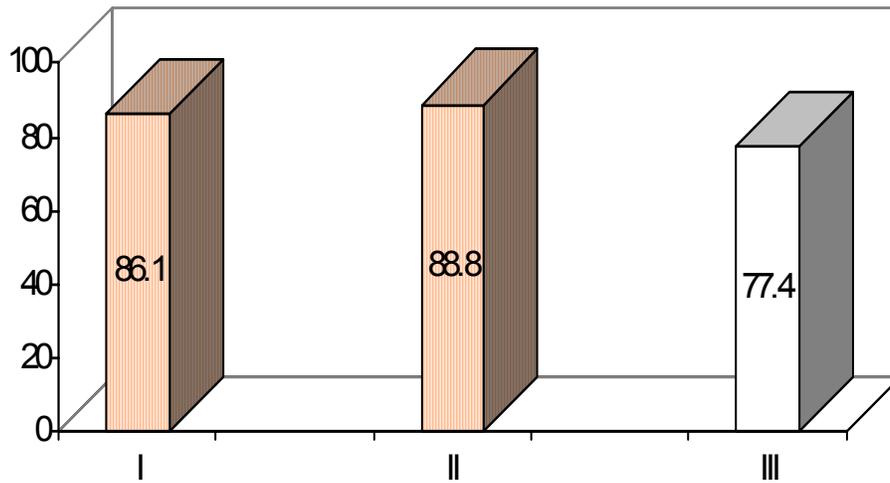


Figura 5. Supervivencia de *L. vannamei* alimentados con dietas sin y con inclusión de xantofilas, con diferentes estrategias de aplicación.

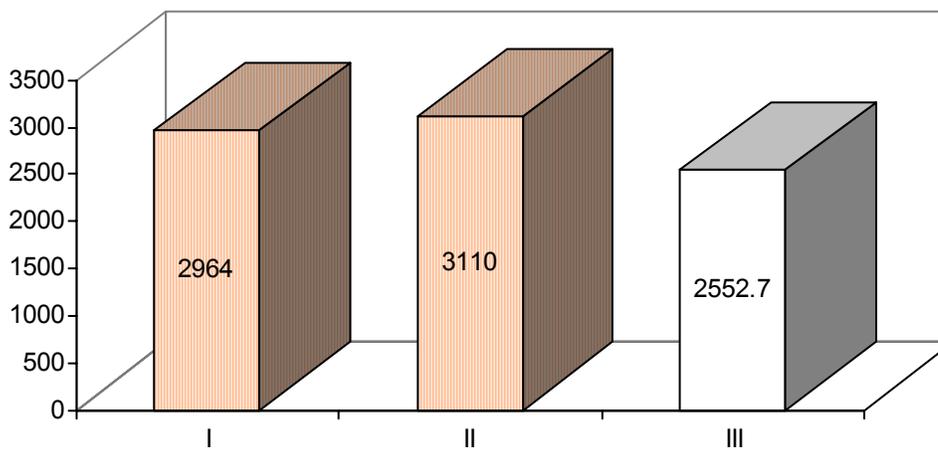


Figura 6. Rendimiento promedio del camarón en los diferentes tratamientos.

Con respecto a la concentración de astaxantina en los organismos cultivados, en términos generales, a los meses dos, tres y cuatro del cultivo, fue significativamente mayor en las poblaciones tratadas con *Hi-Zea*, con relación a las poblaciones testigo (Figura 7).

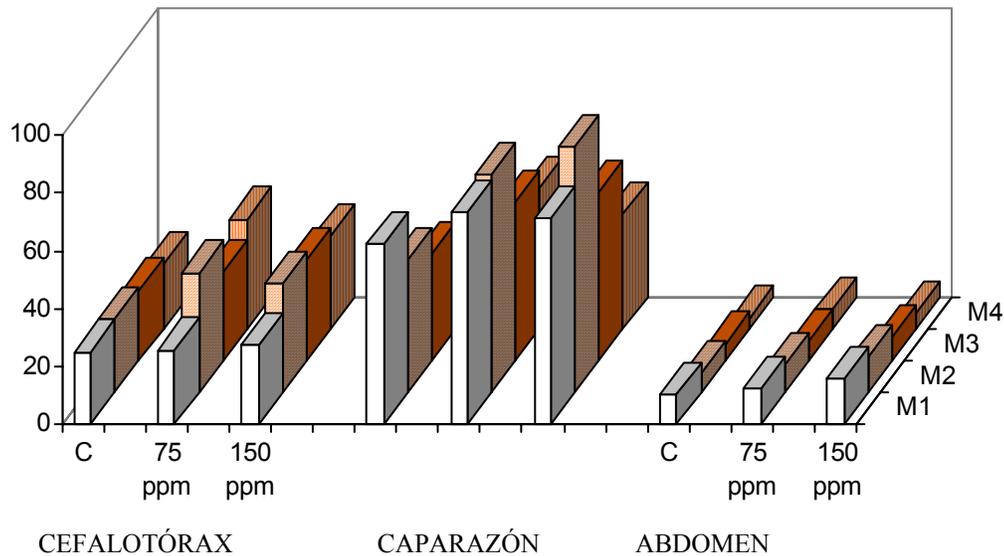


Figura 7. Concentración de astaxantina en las diferentes regiones del cuerpo del camarón blanco, a diferentes tiempos de cultivo (Meses 1, 2, 3 Y 4).

### **Experimento 6**

La Tabla 5 presenta los valores de crecimiento, sobrevivencia y composición proximal del camarón blanco alimentado con la dieta control y aquellas con inclusión de HUFA.

Como se puede observar, no hubo diferencias significativas en cuanto al crecimiento, sin embargo la sobrevivencia mayor se presentó en aquellos estanques en donde la dieta fue enriquecida con una fuente de ácidos grasos poliinsaturados. Si se toma en cuenta que la dieta control tuvo 40% de proteína los resultados sugieren que es factible disminuir el nivel proteico de la dieta, sustituyéndolos por ácidos grasos, con lo cual no solamente se obtienen crecimientos similares sino además mejores tasas de sobrevivencia. La Figura 8 presenta la concentración total de ácidos grasos en el cuerpo de los organismos experimentales.

Tabla 5. Parámetros de producción de *L. vannamei* alimentado con dietas con y sin inclusión de ácidos grasos poliinsaturados.

	Crecimiento (g)	Sobrevivencia (%)	Proteína Cruda (%)	Grasa cruda (%)	Cenizas (%)
Control	25.74a	67.0a	71.4a	2.04a	7.90a
6 Semanas	24.12a	71.0a	70.1a	1.74a	7.75a
9 Semanas	25.16a	83.5b	70.6a	1.55a	8.01a

Aunque no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, los valores más altos se presentaron en los organismos alimentados con la dieta control. Esto sugiere que los ácidos grasos adicionados a la dieta son rápidamente utilizados por el organismo como fuente de energía y no se acumulan en el tejido. Esto sin embargo requiere mayor investigación.

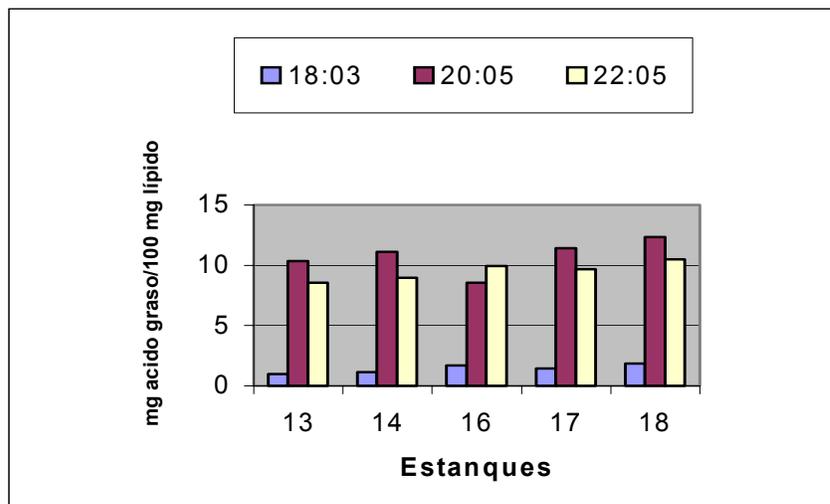


Figura 8. Concentración de ácidos grasos poliinsaturados : 18:03, 20:05 y 22:05, en el músculo de camarones sometidos a los tres tratamientos.

### Experimento 7

La Tabla 6 presenta los parámetros de producción de *L. vannamei*, sometido a tres estrategias de alimentación.

Se observaron diferencias significativas en todos los parámetros, con los mejores resultados en los tratamientos de alimentación en charolas y complementación de la alimentación en base al alimento natural. Esto confirma los resultados previamente reportados sobre el uso de charolas (Viacava, 1993; Jory, 2000) y la contribución del alimento natural en la alimentación del camarón cultivado (Jory, 1995a, 1995b, 2000; Martinez-Cordova, 1998, 2000, 2002).

Tabla 6. Parámetros de producción del camarón blanco sometido a tres diferentes estrategias de alimentación en estanques experimentales.

	Tablas de alimentación	Charolas de alimentación	Complementación de alimento natural
Ganancia en peso (g)	8.43±0.57a	13.22±0.66c	11.51±0.74b
Sobrevivencia (%)	80.30±2.82a	75.40±2.73a	80.00±2.56a
Rendimiento (kg/ha)	2030±33.5a	2769±36.2b	2996±39.1b
Alimento (kg/ha)	4851±87.5a	4680±69.3a	4764±66.1a
TCA	2.39±0.21b	1.69±0.12a	1.59±0.14a

Para el caso del camarón café, *Farfantepenaeus californiensis*, los parámetros de producción se presentan en la Tabla 7.

Se observó la misma tendencia que para el camarón blanco, con los mejores crecimientos, sobrevivencias, rendimientos y TCAs en los tratamientos de alimentación total en charolas y ajuste de la ración de acuerdo al alimento natural, lo cual refuerza los reportes mencionados en el párrafo anterior.

Tabla 7. Parámetros de producción del camarón café sometido a tres diferentes estrategias de alimentación en estanques experimentales.

	Tablas de alimentación	Charolas de alimentación	Complementación de alimento natural
Ganancia en peso (g)	6.02±0.4a	8.03±0.6ab	10.05±0.96b
Sobrevivencia (%)	80.30±2.82a	75.40±2.73a	80.00±2.56a
Rendimiento (kg/ha)	2030±33.5a	2769±36.2b	2996±39.1b
Alimento (kg/ha)	4851±87.5a	4680±69.3a	4764±66.1a
TCA	2.39±0.21b	1.69±0.12a	1.59±0.14a

## Experimento 8

La Tabla 8 presenta los parámetros de producción del camarón azul *L. stylirostris* bajo tres estrategias de alimentación relacionadas con el nivel proteico de la dieta.

Tabla 8. Promedios de los parámetros de producción del camarón azul, sometido a tres estrategias de alimentación a nivel de microcosmos.

Tratamiento	Crecimiento (g)	Sobrevivencia (%)	Rendimiento (g/tina)	Alimento suplementado (g/tina)	T.C.A
BP	12.94(± 0.60)a	54(±1.2)a	696(±12)a	1197(±27)a	1.72a
AP	15.45(± 0.62)c	51(±1.1)a	788(±14)b	1467(±32)b	1.86a
PV	14.15(±0.66)b	55(±1.4)a	778(±12)b	1314(±31)ab	1.69a

Se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. Los mejores crecimientos y rendimientos se presentaron en el tratamiento de alta proteína, sin embargo estos fueron

similares al tratamiento de proteína variable de acuerdo al alimento natural. Esto sugiere que el camarón azul no responde adecuadamente a bajos niveles proteicos del alimento, pero que una adecuada abundancia de alimento natural puede compensar un nivel bajo de proteína en la dieta. Esto concuerda con observaciones hechas por otros autores como Jory (1995a, 1995b, 2000) y Martínez-Córdova *et al.* (2000, 2002).

En la Tabla 9 se incluyen los parámetros de producción para el camarón blanco, sometido a las mismos tres tratamientos. El camarón blanco respondió de manera diferente al camarón azul. En este caso el tratamiento de baja proteína presentó los mejores valores y el de alto nivel proteico, los peores. Esto probablemente se deba a que el camarón blanco es más omnívoro y el camarón azul más carnívoro y por tanto requiere mayores niveles de proteína en la dieta suplementaria.

Tabla 9. Promedios de los parámetros de producción del camarón blanco, *L. vannamei* bajo tres estrategias de alimentación en estanques experimentales.

	Peso (g)	Sobrevivencia (%)	Biomasa (g tanque <sup>-1</sup> )	Alimento suplementado (g tanque <sup>-1</sup> )	T. C. A.
LP	16.7 (±0.81)b	94 (±2.3)a	1569 (±37b)	2136 (±61)a	1.36a
HP	14.6 (±0.73)a	90 (±1.9)a	1315 (±29) ab	2113 (±59)a	1.61b
VP	14.7 (±0.77)a	80 (±1.7)a	1178 (±23)a	1910 (±57)a	1.62b

### Experimento 9

En la Tabla 10 se pueden observar los resultados de los parámetros de producción del camarón azul bajo regímenes de alimentación artificial, natural y combinado.

Tabla 10. Parámetros de producción del camarón azul *Litopenaeus stylirostris* con alimento artificial, natural y combinado.

Tratamiento	Crecimiento (g)	Sobreivencia (%)	Biomasa (kg/ha)	Alimento (kg/ha)	T.C.A.
Alimento natural	4.15a	27.7a	230a		
Alimento artificial	13.9b	64.7b	1847b	2703a	2.02b
Alimento Natural + artificial	15.16c	66.5b	1886c	3375b	1.79a

Nota: los promedios en las filas, seguidos de letras diferentes, son estadísticamente diferentes

El tratamiento en donde solo se utilizó alimento natural promovido, los parámetros de producción fueron muy pobres, lo cual indica que la productividad natural es capaz de sostener una biomasa de camarón limitada y de ahí en adelante es necesaria la participación del alimento artificial. Sin embargo cuando este alimento artificial se combina con alimento natural promovido, los parámetros de producción se mejoran significativamente.

### Experimento 10

En la Tabla 11 se presentan los datos de peso y composición química del camarón blanco alimentado con dietas de diferente nivel proteico. En cuanto a longitud y peso, el valor mas bajo se presentó en los camarones alimentados con la proteína variable. No se detectaron diferencias significativas entre los camarones alimentados con 25 y 40% de proteína. Por lo que este estudio demostró que 25% en el alimento, puede sostener buen crecimiento del camarón blanco. Se ha visto en varios estudios realizados en peces que las proteínas y los lípidos en el músculo de éstos son los componentes mas afectados por la dieta (Haard, 1992). En este estudio, las diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre los tratamientos fueron detectadas solamente en el caso del contenido de grasa. En los camarones alimentados con PV es donde se detectaron los valores mas alto de grasa y el menor contenido de agua. Rivas-Vega *et al.* (2001) al trabajar con *Litopenaeus stylirostris*, detectó una mayor concentración de grasas y menor de agua en camarones alimentados con 40% de proteína. Lo que demuestra que cada especie va a reaccionar diferente ante situaciones similares.

Tabla 11. Peso y composición química del músculo de camarón blanco cultivado con dietas de diferente nivel proteico.

Tratamiento	Peso (g) <sup>1</sup>	Proteína* (%) <sup>2</sup>	Grasa* (%) <sup>2</sup>	Cenizas* (%) <sup>2</sup>	Humedad (%) <sup>2</sup>
BP	15.5a	71.5a	1.9a	5.6a	77.0b
VP	13.7b	73.7a	2.7b	5.9a	74.8a
AP	15.1a	71.7a	2.0a	5.9a	78.9b

<sup>1</sup>n = 10; <sup>2</sup>n = 3; \*base seca

Se detectaron diferencias significativas en la carga total de bacterias. Los organismos alimentados con el alimento conteniendo 40% de proteína mostraron la mayor carga bacteriana ( $P < 0.05$ ), éstos organismos mostraron a su vez la mayor pérdida de textura durante un almacenamiento en hielo por 10 días (Tabla 12).

Tabla 12. Cuenta total de mesófilos aeróbicos del músculo abdominal del camarón blanco cultivado alimentado con diferentes niveles de proteína

Tratamiento	Cuenta Total (x103) <sup>1</sup>	Textura Inicial (lb/Fuerza) <sup>2</sup>	Textura Final (lb/Fuerza) <sup>2</sup>
BP	5.6 <sup>a</sup>	1.05 <sup>b</sup>	0.99 <sup>c</sup>
AP	16.2 <sup>c</sup>	0.77 <sup>a</sup>	0.59 <sup>a</sup>
PV	8.4 <sup>b</sup>	0.76 <sup>a</sup>	0.65 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>n=3; <sup>2</sup>n=10

En la Tabla 13 se muestra la estimación del valor nutricional, la cual fue evaluada en base a digestibilidad *in vitro*. Se detectaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ). Los camarones alimentados con PV mostraron los valores mas bajos. En cuanto a la energía calórica no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos ( $P > 0.05$ ).

Tabla 13. Digestibilidad aparente y energía calca de los camarones blancos cultivados alimentado con diferentes niveles de proteína.

Tratamiento	Digestibilidad Aparente	Energía Calórica (Cal/J)
BP	75a	4968.1±85.5a
AP	76b	4492.7±62.5a
PV	70b	4863.9±488.1a

La Tabla 14 presenta la actividad proteolítica de los camarones alimentados con dietas de diferente nivel proteico. No se detectaron diferencias en las proteasas totales, sin embargo la actividad tipo tripsina y quimotripsina fue superior en los camarones que se alimentaron con dietas de bajo nivel proteico.

Tabla 14.- Actividad proteolítica del camarón alimentado con dietas de diferente nivel proteico.

	Proteasas Totales	Tipo Tripsina	Tipo Quimotripsina
BP	0.008a	0.06c	0.24c
PV	0.011a	0.02b	0.02a
AP	0.006a	0.02b	0.07b

## CONCLUSIONES

Aun cuando se trata de varios trabajos independientes, es posible hacer algunas conclusiones generales sobre ellos:

- 1.- La adición de una fuente de carotenoides en la dieta, mejora los parámetros de producción y la pigmentación del camarón blanco y del camarón azul, tanto en postlarvas como prejuveniles, juveniles y preadultos.
- 2.- La adición de una fuente de ácidos grasos poliinsaturados en la dieta del camarón blanco, compensa la necesidad de utilizar un nivel proteico alto.
- 3.- La estrategia de alimentación influye determinadamente en la respuesta productiva del camarón blanco, café y azul. La alimentación total en charolas y el ajuste de la ración de acuerdo a la abundancia de alimento natural, resultan más efectivas.
- 4.- El camarón blanco y el camarón azul responden de manera diferente al manejo del nivel proteico de la dieta. El camarón blanco se desarrolla adecuadamente con alimentos de baja proteína en estanques productivos, mientras que el camarón azul no responde satisfactoriamente a esta estrategia. Ajustar el nivel proteico de la dieta a la abundancia de alimento natural da resultados promisorios.

5.- La estrategia de alimentación, relacionada con el manejo del nivel proteico de la dieta, tiene un efecto significativo sobre la textura, calidad microbiológica y calidad nutricional del camarón

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson R. K., Parker P. L., Lawrence A. L., 1987. A <sup>13</sup>C/<sup>14</sup>C Tracer Study of the Utilization of Present Feed by a Commercial Important Shrimp *Penaeus vannamei* in a Pond Grow out System. *Journal of the World Aquaculture Society* 18, 149 - 155.
- Barg, U. C., 1995. Orientaciones para la promoción medioambiental del desarrollo de la acuicultura costera. FAO Documento Técnico 328. Roma.
- Barraza Guardado, H., 1996. Estudio de los principales componentes de la productividad natural en estanques durante la preengorda de *Penaeus vannamei* Boone, 1931. Master Tesis. Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, Mexico. 124p.
- Carrillo Fuentes, A., 2000. Evaluación del potencial nutricional de *Nannochloropsis oculata* en mezclas de microalgas para larvas de camarón azul, *Litopenaeus stylirostris* Stimpson. Tesis de Maestría. Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora. 101p.
- Castillo, R., Negre-Sadargues, G., Lenel, R., 1981. General survey of the carotenoids in crustacea. In: Carotenoids chemistry and biochemistry. Briton G. And T.W. Goodwin eds. Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Symposium on Carotenoids. Liverpool, U.K., Pergamon Press. 399 pp.
- Castille, F. L., Lawrence A. L., 1989. The effect of deleting dietary constituents from pelleted feed on the growth of shrimp on the presence of natural food in ponds. *Journal of the World Aquaculture Society*, 20 (1), 22 A.
- Chamberlain, G. W., 1995. Frontiers in Shrimp Nutrition Research. Pages 108-117 in Browdy, C.L. and J.S. Hopkins, editors. Swimming Through Troubled Water. The World Aquaculture Society. Baton Rouge Louisiana, USA.
- Chiu I. L., Chien, H. Y., 1992. Juvenile *Penaeus monodon* as an Effective Zooplankton Predator. *Aquaculture* 103, 35 - 44.
- Chien, Y.-H., Jeng, S. C., 1992. Pigmentation of kuruma prawn, *Penaeus japonicus* Bate, by various pigment sources and levels and feeding regimes. *Aquaculture* 102, 333-346.
- De la Lanza G., Hernández, S., 1998. Nutrientes y productividad primaria en sistemas acuícolas. Pages 27-66 In: Martínez Córdova, L. (ed.) Ecología de los sistemas Acuícolas. AGT Editor. México, D.F. 227p.
- Garza-Aguirre, M. del C., Aguirre-Hinojosa, E., 1998. Evaluación del uso del producto comercial *Hi-Zea* elaborado a base de carotenoides, en la pigmentación del camarón blanco *Penaeus vannamei*. Informe final. Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora. UNISON. 57 pp.
- Cruz-Suárez, L. E., Ricque-M., D., Peña, L. O., 1998. Bioensayo nutricional para evaluar la cinética de fijación del pigmento *Hi-Zea* (30 000 mg/kg; 75% zeaxantina) de la compañía Industrial Orgánica S. A. de C. V. en camarones *Penaeus stylirostris* (Super shrimp) y *P. vannamei*. Reporte final Abril de 1998.
- Haard, N. F., 1992. Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish. *Food Research International* 25, 289-307.
- Hsu ,H. W., Vavak, D. L., Satterlee, L. D., Miller, G. A., 1977. A multienzyme technique for estimating protein digestibility. *Journal of Food Sciencie* 42, 1269-1273.
- Howell, B. K., Matthews, A. D., 1991. The carotenoids of wild and blue disease affected farmed tiger shrimp (*Penaeus monodon*, Fabricus). *Comparative Biochemistry Physiology* 98b, 375-379.
- Hopkins J. S., Browdy C. L., Sandifer. P. A., Stokes A. D., 1994. Effect of two fed protein level and two fed rate, stocking density combination on water quality and production in intensive shrimp ponds which do not utilize water exchange. Abstract of the World Aquaculture Society Meeting, January, 1994. P 30.
- Jones, D. A., Yule, A. B., Holland, D. L., 1997. Larval Nutrition. Pp 353-389 En: Crustacean Nutrition. D'Abramo, R., Conklin D. & Akiyama, D. (eds). World Aquaculture Society. Baton Rouge LA.

- Jory, D. E., 1995a. Feed management practices for a healthy pond environment. In. *Swimming Through Troubled Water*, (ed. By C.L. Browdy, & J.S. Hopkins), Pages 118-134. The World Aquaculture Society. Baton Rouge Louisiana, USA.
- Jory, D. E., 1995b. Management of natural productivity in marine shrimp semi-intensive ponds. *Aquaculture Magazine* 21, 90-100.
- Kanasawa, A. S., Teshima, S., Tokiwa, S., 1979. Biosynthesis of fatty acids from palmitic acid on the prawn, *P. japonicus*. *Memories of the Faculty of Fisheries. Kagoshima University*. 17pp.
- Katagiri, K., Koshimo, Y., Maoki, T., Matsuno, T., 1987. Occurrence of pirardexantin derivatives in the prawn *Penaeus japonicus*. *Comparative Biochemistry and Physiology* 87b, 161-163.
- Katayama, T., Hirata, K., Chichester, C. O., 1971. The biosynthesis of astaxanthin-IV. The carotenoids in the prawn *Penaeus japonicus* Bate (Part I). *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*. 37, 614-620.
- Katayama, T., Katama, T., Chichester, C. O., 1972. The biosynthesis of astaxanthin in the prawn *Penaeus japonicus* Bate (Part II). *International Journal of Biochemistry*. 3: 363-368.
- Kureshy N., Davis, D. A., 2002. Protein requirement for maintenance and maximum weight gain for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 204, 125-143
- Lawrence, A., Castille, F., Samocha, T., Velasco, M., 2002. Environmentally friendly or "Least polluting", feed and feed management for aquaculture. *Panorama Acuicola* 7(4), 8-9.
- Lehninger, A. L., 1975. *Biochemistry*, Second edition. Worth Publishers, Inc. 1104 pp.
- Martínez-Córdova, L., Barraza R., Pastén, N., 1997. Abundance, composition and nutritional contribution of zooplankton in fertilized and unfertilized shrimp aquaculture ponds with different feeding rates. *Journal of Aquaculture in the Tropics* 12(1), 23-34.
- Martínez-Córdova L., Porchas-Cornejo M., Villareal-Colmenares H., Calderón-Pérez, J., Naranjo-Parmao, J., 1998a. Evaluation of three feeding strategies on the culture of white shrimp *Penaeus vannamei* Boone 1931 in low water exchange ponds. *Aquacultural Engineering* 17: 21-28.
- Martínez-Córdova L., Porchas-Cornejo M., Villareal-Colmenares H., Calderón-Pérez, J., 1998b. Evaluation of three feeding practices on the winter culture of yellowleg shrimp, *Penaeus californiensis* (Holmes), in low water exchange ponds. *Aquaculture Research* 29: 573-578.
- Martínez-Córdova L., 2000. Formas y recomendaciones de manejo del alimento y la alimentación, para una camaronicultura sustentable. Pages 271-283 in: *Memorias del III Simposium Internacional de Nutrición Acuicola*. Culiacán, Sinaloa, México.
- Martínez-Córdova, L., Campaña-Torres, A., Porchas-Cornejo, M., 2002. Promotion and contribution of biota in low water exchange ponds farming blue shrimp *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson). *Aquaculture Research* 33: 27-32.
- Martínez-Córdova, L., Campaña-Torres, A., Porchas-Cornejo, M., 2002b. Dietary protein level and natural food management in the culture of blue (*Litopenaeus stylirostris*) and white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in microcosms. *Aquaculture Nutrition* (en prensa).
- Merchie, G., Kontara, E., Lavens, P., Robles, R., Kurmaly, K., Sorgeloos, P., 1998. Effect of vitamin C and astaxanthin on stress and disease resistance of postlarval tiger shrimp, *Penaeus monodon* (Fabricius). *Aquaculture research* 29, 579-585.
- Meyers, S. P., Latscha, Tl., 1997. Carotenoids. In: *Advances in world aquaculture*. Vol VI Crustacean Nutrition. Louis R. D' Abramo, D. E. Conklin and D. M. Akiyama. Eds. World Aquaculture Society. Pags. 164-193.
- Montaño, M., 1991. Investigaciones bioquímicas y nutricionales en la reproducción y crecimiento de camarones. IBN Escuela Superior Politécnica de de Guayaquil Ecuador. 23p.
- Okada, S; Nur, S. A., Borhan, E., Yamaguchi, K. Y., 1994. Carotenoid composition in the exoskeleton of commercial black tiger prawn. *Fisheries Science* 60, 213-215.
- Petit H., Sance, S., Negre-Sadargues, G., Castillo, R., Trilles, J. P., 1991. Ontogeny of carotenoid metabolism in the prawn *Penaeus japonicus* Bate 1888 (Crustacea Penaeidae): a qualitative approach. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 99b, 667-671.
- Rubright, J. S., Harrel, J. L., Holcomb, H. W., Parker, J. C., 1981. Response of planktonic and benthic Communities to fertilizer and feed applications in shrimp mariculture ponds. *Journal of the World Mariculture Society* 12 (1), 281 - 299.

- Rivas-Vega, M. E., Rouzaud-Sández, O., Martínez-Córdova, L. R., Ezquerra-Brauer, J. M., 2001. Effects of Feed Protein Levels on Digestive Proteolytic Activity, Texture, and Thermal Denaturation of Muscle Protein in Reared Blue Shrimp. *Journal of Aquatic Food Product Technology* 10. 25-38
- Salame, M., 1993. Feeding Trays in Penaeid Shrimp Ponds. *Aquaculture Magazine* 19 (4), 59 - 63.
- Scholz, U., García-Díaz, G., Ricque, D., Cruz-Suárez, L. E., Vargas-Albores, F., Latchford, J., 1999. Enhancement of vibriosis resistance in juvenile *Penaeus vannamei* by supplementation of diets with different yeast products. *Aquaculture* 176, 271-283.
- Speck, H., 1978. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. APHA. Intersociet, Agency Comité on Microbiological Methods for Food. USA.
- Tanaka, Y., Matsuguchi, H., Katayama, T., Simpson, K. L., Chichester, C. O., 1976. The biosynthesis of astaxanthin-XVI. The carotenoids in crustacea. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 54b, 391-393.
- White, D., 1986. Biological Principles of ponds Culture : Sediment and Benthos . P. 15-19 In: E. Lannan, R. Oneal and G. Tchobanoglous (eds.) Principles and Practices of Pond Aquaculture. Oregon State University Press. Corvalli, Oregon USA.
- Yamada, S., Tanaka, Y., Sameshima, M., Ito, Y., 1990. Pigmentation of prawn *Penaeus japonicus* with carotenoids. I. Effect of dietary astaxanthin, beta-carotene, and canthaxantin on pigmentation. *Aquaculture*. 87, 323-330.
- Zatarain-Alvarez, M., 2001. Efecto de un promotor de zooplancton en el cultivo de *Litopenaeus vannamei* en granjas. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Sinaloa. Mazatlán Sinaloa. 87 p.