

Uso de la Langostilla Roja *Pleuroncodes planipes* en la Nutrición de Organismos Acuáticos

Civera, R.¹, Goytortúa, E.¹, Rocha, S.¹, Nolasco, H.¹, Vega-Villasante, F.¹, Balart, E.¹, Amador, E.¹, Ponce, G.¹, Colado, G.¹, Lucero, J.², Rodríguez, C.³, Solano, J.³, Flores-Tom, A.³, Monroy, J.⁴, Coral, G.⁵

¹ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., Apdo. Postal 125, La Paz, B.C.S., C.P. 23060. Tel: (112) 5 36 33, Fax: (112) 5 47 10. E-mail: rcivera@cibnor.mx.² Federación Regional de Sociedades Cooperativas de la Industria Pesquera Baja California F.C.L..³ PIASA Corporativo, S.A. de C.V. ⁴ Universidad Iberoamericana. ⁵ Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán.

El Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) ha venido estudiando la Biología, Ecología y aprovechamiento de langostilla (*Pleuroncodes planipes*) desde hace varios años y los resultados demuestran que puede ser considerada como el decápodo bentónico más abundante de México. Ehrarhdt y Ramírez (1982) estimaron una abundancia de 205,000 toneladas métricas de dicho recurso, pero más recientemente Auriolos-Gamboa et al (1995) reportan una abundancia aproximada de 735,929 t.m./año para las costas de la península de Baja California y, sin embargo, hasta el momento no ha sido explotada comercialmente en México. Auriolos-Gamboa et al (1995) plantean que 40,000 toneladas de langostilla bento-pelágica podrían capturarse durante la fase inicial de la pesquería con el fin de no abatir el recurso, generando una pesquería sustentable que permita la obtención de biomasa susceptible de aprovechamiento a nivel industrial.

Las costas de Baja California Sur han sido subexplotadas en términos pesqueros, siendo el abulón, la langosta, la almeja, la sardina y el atún los recursos más comúnmente extraídos y comercializados, por lo que existe mucho interés en la implementación de una nueva pesquería en México, basada en la captura de langostilla roja (red crab), ya que ofrecería una posibilidad de diversificación de las actividades pesqueras, generar nuevos empleos y atraer divisas a la región Noroeste de México.

El uso que se le de a la langostilla dependerá principalmente de su tamaño. Esta presenta tres fases: pelágica, bento-pelágica y bentónica, y puede ser encontrada en todas ellas a lo largo del año. Se ha sugerido que la pesquería se enfoque a la extracción de langostilla bentónica en el talud continental, de 32 ó más milímetros de longitud cefalotorácica para la producción de cola de langostilla fresco-congelada, misma que se dirigiría directamente para consumo humano como se hace en Chile, mientras que los subproductos (cefalotórax y exoesqueleto) podrían emplearse para obtener harinas, enzimas, pigmentos, quitina, etc, que podrían ser empleados en alimentos balanceados.

En el caso de que se explotara la langostilla bento-pelágica de plataforma continental (22-32 mm de long. cefalotorácica), el período de captura debería situarse entre los meses de Abril-Septiembre para no interferir con el repoblamiento del recurso y, al igual que la langostilla pelágica (de menor tamaño), podría emplearse para la obtención de muy diversos productos con una gran cantidad de aplicaciones, entre otras, en las industrias de alimentos, farmacéuticos, biotecnología y la acuicultura.

Civera, 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-Tom, A., Monroy, J., Coral, G. 2000. Uso de la langostilla roja *Pleuroncodes planipes* en la nutrición de organismos acuáticos. pp 349-365 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 Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Noviembre 15-18, 1998. La Paz, B.C.S., México.

De ahí la importancia de realizar estudios tendientes a desarrollar tecnologías para el aprovechamiento de la langostilla y evaluar los productos resultantes en diversas aplicaciones. En la Figura 1 se ilustran de manera general los principales productos que se pueden obtener a partir de la langostilla. A lo largo del presente trabajo se mencionan las diversas aplicaciones de estos productos en la nutrición de organismos acuáticos y se señalan algunos de sus usos potenciales.

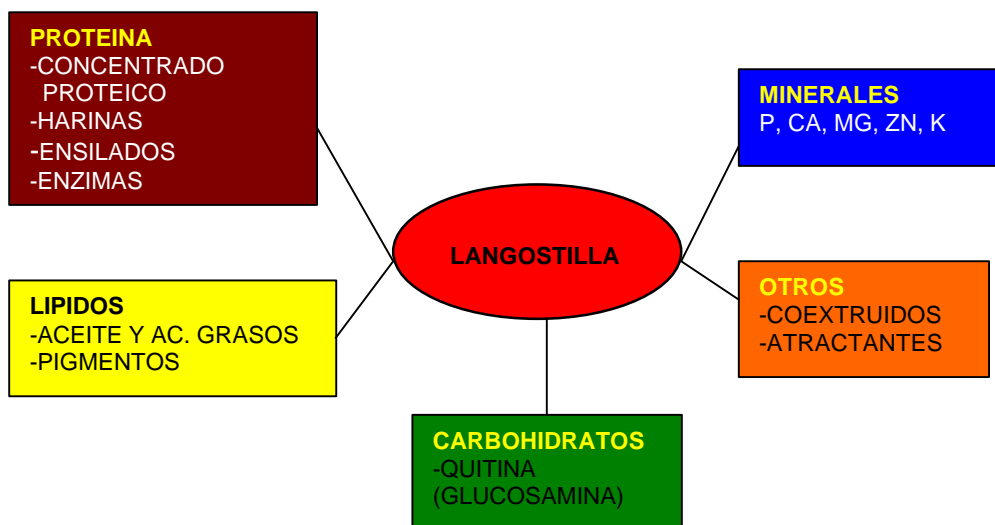


Figura 1. Usos potenciales para la langostilla

1. PROTEINA

1.1 Concentrados proteicos

Kato (1974) fue uno de los pioneros en estudiar la langostilla y sugerir su aprovechamiento integral. Dentro de los primeros usos potenciales que se identificaron estaba el utilizarla como fuente de nutrimentos, tales como la proteína. La proteína fue estudiada por Gallardo en 1975, quien llevó a cabo una investigación sobre la obtención de concentrados proteicos de langostilla pelágica para consumo humano. Desafortunadamente, los estudios mencionados no prosperaron debido a que no había un interés claro por parte del sector pesquero en realizar la explotación comercial de la langostilla, a diferencia de lo que ocurre actualmente, donde diversas cooperativas están interesadas por iniciar la pesquería, ya que requieren diversificar sus actividades.

1.2 Harinas

Es bien sabido que la alimentación es uno de los factores más importantes para la Acuicultura ya que conforme se intensifica el sistema de cultivo, va cobrando mayor relevancia la calidad y la cantidad del alimento suministrado, además que la alimentación representa el mayor costo de

operación de las granjas, por lo que un óptimo aprovechamiento de este factor permitirá elevar la eficiencia y rentabilidad de la producción en los acuacultivos.

Entre los ingredientes más comúnmente usados en la elaboración de alimentos balanceados para organismos acuáticos se encuentran las harinas de pescado, trigo, maíz, sorgo, pasta de soya, calamar, cabeza de camarón, diversas levaduras, etc (New, 1987). Dentro de estos, la harina de pescado es la que tiene un especial interés nutricional y económico por representar unas de las fuentes principales de proteína en los alimentos para la industria pecuaria, así como uno los ingredientes de mayor costo. Sin embargo, actualmente existe un decremento en el suministro y un incremento en el costo de las proteínas de origen animal y vegetal en todo el mundo.

En México, generalmente las harinas de pescado se fabrican a partir de subproductos de pescado y pocas son de pescado entero de buena calidad. Además, se emplean condiciones de cocción y secado muy drásticas durante su elaboración, se usan equipos muy antiguos y no se llevan estrictos controles de calidad durante el proceso, lo que repercute negativamente sobre la calidad nutritiva de dichas harinas.

Las empresas productoras de alimento balanceado solían importar harinas de pescado de alta calidad nutricional provenientes de otros países tales como Chile, Perú o Noruega, con la finalidad de mejorar sus productos, pero el elevado precio de estas en los mercados internacionales ha orillado a los productores de alimentos balanceados a utilizar harinas de pescado de menor costo con la consecuente disminución y alta variabilidad en la calidad nutritiva del producto.

A nivel mundial la problemática de la disponibilidad y calidad de las harinas de pescado han propiciado que se lleven a cabo investigaciones tendientes buscar ingredientes alternos o no convencionales, que permitan sustituir parcial o totalmente la harina de pescado en los alimentos para animales. Existe un gran número de ingredientes alternativos prometedores (ver Tacon, 1994; Tacon & Akiyama, 1997), como ejemplos se pueden citar la utilización de la grilleta (*Pterophylla beltrani*) o la harina de camarón como fuentes de proteína en dietas para camarón (Cruz-Suárez *et al.*, 1990 y 1993). Tinsley *et al.*, (1984) estudiaron el uso de la mosca doméstica (*Musca domestica*) en alimentos balanceados. García y Jaime (1990) trabajaron con la lombriz de tierra (*Eudrilus eugeniae*) como ingrediente en dietas para poslarvas. Sin embargo, uno de los principales problemas que afrontan esos ingredientes no convencionales son la disponibilidad y/o eficiente acopio de la materia prima.

En México uno de los recursos naturales con mayores probabilidades de utilizarse como ingrediente para alimentos balanceados es la langostilla, ya que se trata de un recurso abundante, que puede ser capturado de manera masiva y que además tiene una composición química de gran valor para la nutrición animal. La langostilla es un crustáceo de la familia Galatheidae que en ocasiones llega a representar hasta el 70% de la fauna de acompañamiento en la pesquería de camarón en Baja California.

La composición proximal de la langostilla es variable según la zona de captura, la estación del año y la edad de los organismos, entre otros factores. Sin embargo, se ha reportado por diversos autores que los componentes más abundantes de la langostilla son la proteína (21.2-54.7%), la ceniza (12.8-35.9%), la quitina (4.76-21.6%) y el extracto etéreo (4.7-14%) (Castro-González *et al.*, 1995a). Asimismo, su contenido de carotenoides es elevado 10-16 mg/ 100 g (Spinelli *et al.*, 1974) y los aminoácidos presentes son adecuados para la alimentación humana y, de manera general, tanto estos como los ácidos grasos de la langostilla pueden ser considerados como de buena calidad para la alimentación de organismos acuáticos (Villarreal, 1995).

Se han realizado diversas investigaciones sobre la calidad nutricional de la langostilla, al emplearla en forma de harina como ingrediente en alimentos experimentales para camarones peneidos (Casillas y Magallón, 1988; Millán, 1992; Villarreal *et al.*, 1992; Civera *et al.*, 1992; Goytortúa, 1993; Villarreal *et al.*, 1994; Civera *et al.*, 1994).

Hasta ahora los estudios se han enfocado principalmente al uso de la harina de langostilla como sustituto parcial o total de las harinas de pescado, cabeza de camarón o pasta de soya en alimentos para los camarones café (*Penaeus californiensis*) y blanco (*Penaeus vannamei*), midiendo el efecto que esto produce en la sobrevivencia y el crecimiento de los organismos, así como el efecto sobre la digestibilidad *in vivo* de nutrimentos, en juveniles de camarón blanco *P. vannamei*. De estos trabajos se concluye que la langostilla no solo es un ingrediente viable para sustituir a las harinas de pescado, cabeza de camarón o pasta de soya, sino que a ciertos niveles de inclusión en la dieta, permite acelerar el crecimiento, aumentar la actividad proteolítica en el hepatopáncreas y mejorar la digestibilidad de la proteína y los lípidos del alimento (Goytortúa, 1993; Civera *et al.*, 1998).

En el estado actual del conocimiento, es relevante estudiar la naturaleza del efecto benéfico de la langostilla sobre el crecimiento de estos y otros organismos, y poder definir si el efecto es debido a su aporte de proteína, de lípidos, de pigmentos, de algún otro factor o la combinación de ellos, y para ello se han hecho ensayos para fraccionar la langostilla en sus diversos componentes (proteína, lípidos, etc.) y se han evaluado por separado. Los resultados indican que el efecto benéfico de la langostilla se debe presumiblemente de la fracción proteínica, pero esto deberá ser confirmado con otros estudios que están en curso (Goytortúa, comunicación personal).

Es importante hacer notar que los excelentes resultados obtenidos hasta ahora al evaluar la calidad nutricional de la harina de langostilla se habían llevado a cabo a un nivel de laboratorio y en general, existen pocos antecedentes respecto a métodos para fabricación de harina de langostilla. Castro-González *et al.* (1995) evaluaron cuatro procesos de conservación a bordo de un barco oceanográfico: congelado, prensado, escaldado y escaldado-prensado, y proponen que el proceso a bordo más conveniente es el escaldado-prensado. Sin embargo, era necesario realizar pruebas en las que se utilizaran las condiciones industriales de captura, manejo a bordo y proceso para la fabricación de harinas y alimentos balanceados, así como la evaluación nutricional en condiciones de cultivo intensivo y semi-intensivo, con la finalidad de contar con los elementos necesarios para determinar la factibilidad técnica y económica de la explotación de la langostilla para su uso en forma de harina.

En 1996 se realizó un proyecto piloto con dichas características, en colaboración con la empresa de alimentos balanceados PIASA, la Federación de Sociedades Cooperativas Pesqueras de Baja California y el CIBNOR, a fin de evaluar la harina de langostilla como insumo proteico en alimentos balanceados para camarón.

Durante el proyecto se capturaron un total de 260 toneladas de langostilla con un barco camaronero y se produjeron 45 Ton. de harina en la Harinera San Carlos (B.C.S.). La Tabla 1 muestra la composición proximal promedio de las harinas producidas a escala industrial durante dos temporadas de captura. En términos generales la composición de dicha harina es similar a la de harinas obtenidas en el ámbito de laboratorio y varía dependiendo de la época de captura, pero también de la frescura de la materia prima y de los equipos y condiciones de proceso empleados en la harinera.

Tabla 1. Composición Proximal de la Harina de Langostilla fabricada a nivel industrial.

| | Hum. (%) | Prot. (%) | E.E. (%) | Ceniza (%) | Fibra (%) | ELN (%) |
|---------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| 1a. etapa (Julio-Agosto'96) | 5.46 ± 2.50 | 36.78 ± 3.03 | 14.05 ± 2.13 | 34.95 ± 2.68 | 10.24 ± 1.43 | 3.98 ± 1.37 |
| 2a. etapa (Noviembre-Diciembre'96) | 7.83 ± 1.44 | 40.45 ± 2.56 | 8.04 ± 1.42 | 39.00 ± 1.55 | 7.83 ± 1.15 | 4.67 ± 2.40 |

($X \pm S_{n-1}$). E.E. = Extracto Etéreo; ELN = Extracto libre de nitrógeno.

La harina se incluyó en dietas experimentales PIASA, fabricadas a escala industrial por peletización, con diferentes niveles de proteína (40 y 25%) y dos niveles (25 y 50%) de sustitución de harina de pescado (proteína vs proteína). Las dietas fueron evaluadas en la especie *Penaeus vannamei*, tanto en el ámbito de laboratorio, como en estanques de 100m² (por cuatuplicado) bajo condiciones de cultivo intensivo. Los principales resultados que arrojaron estos estudios fueron:

- **Cultivo en laboratorio** (Tabla 2). La supervivencia de los organismos fue superior al 80% con todos los tratamientos alimenticios. A pesar de que la supervivencia fue mayor con las dietas que contienen la langostilla, no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$).

En cuanto al crecimiento ponderal, en la Figura 2 se puede observar que la dieta 40PT3 (sustitución del 50% de la proteína) permitió obtener el mayor peso (1.54 g), mismo que fue significativamente superior al peso obtenido con todos los demás tratamientos ($P < 0.05$). Entre las dietas con 40% de proteína, existe una tendencia a que el crecimiento de los camarones aumente a medida que el alimento contiene más harina de langostilla, sin embargo, la diferencia es significativa únicamente entre la dieta control y la 40PT3. Estos datos confirman los resultados obtenidos con la harina de langostilla fabricada en laboratorio (Civera *et. al.*, 1998), demostrando que la calidad de la harina producida a escala industrial también tiene valor nutritivo para el camarón.

Entre las dietas con 25% de proteína, la inclusión de harina de langostilla no parece haber tenido un efecto marcado, aunque los organismos de la dieta 25PT3 alcanzaron un peso ligeramente superior a la dieta control y a la dieta 25PT2.

El mejor factor de conversión alimenticia fue de 1.83 y correspondió a la dieta con 40% de proteína y sustitución de 50% con langostilla (40PT3), mientras que el más alto fue de 3.19 (dieta 25PT2).

- **Cultivo intensivo en estanquería** (Tabla 3). Las respuestas observadas fueron muy similares entre los tratamientos alimenticios en términos de supervivencia, misma que fue superior a 74% en todos los casos. El crecimiento ponderal, biomasa cosechada y factor de conversión alimenticia tampoco fueron diferentes ($P > 0.05$) entre los tratamientos, aunque el tratamiento T3 (nivel de sustitución de 50%) permitió obtener el mayor peso promedio final (8.5 g), así como el mejor factor de conversión del alimento. En ningún caso, la inclusión de la harina de langostilla tuvo un efecto negativo sobre el desarrollo de los organismos.

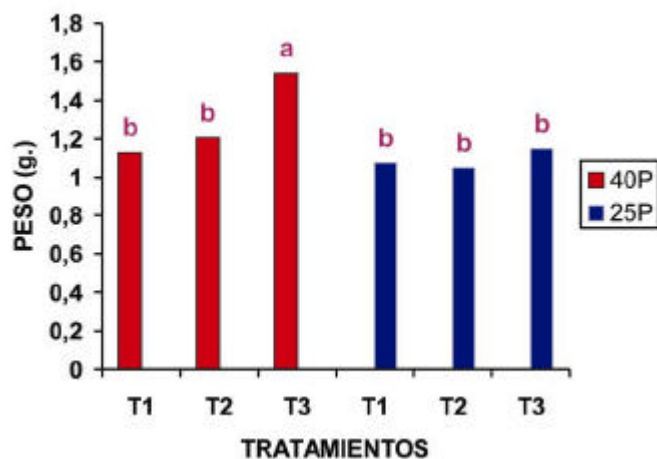


Figura 2. Efecto de la sustitución de la harina de pescado por harina de langostilla en dietas comerciales con dos diferentes niveles de proteína (40 y 25%), sobre el crecimiento de *Penaeus vannamei* bajo condiciones de cultivo en laboratorio. Dietas T1 sin langostilla; dietas T2 con 25% de sustitución; dietas T3 con 50% de sustitución.

Tabla 2. Efecto del nivel de sustitución de harina de pescado con harina de langostilla en alimentos pelotizados experimentales PIASA con diferentes niveles de proteína, sobre el crecimiento, sobrevivencia y FCA de juveniles de *Penaeus vannamei* cultivados en laboratorio.

| Tratamiento Alimenticio | Sobrevivencia (%) | Peso Final (g) | Tasa de Crecimiento (%) | FCA | Mudas promedio por dieta |
|-------------------------|-------------------|-----------------|-------------------------|---------------|--------------------------|
| 40PT1 | 83.33 ±6.67 | 1.13 b ±0.06 | 106.67b ±7.49 | 2.34 ±0.33 | 14.00 ab ±1.73 |
| 40PT2 | 90.00 ±5.77 | 1.20 b ±0.06 | 121.61 b ±14.6 | 2.49 ±0.43 | 16.67 ab ±1.20 |
| 40PT3 | 96.67 ±3.33 | 1.54 a ±0.10 | 179.95 a ±1.94 | 1.83 ±0.04 | 22.00 a ±3.22 |
| 25PT1 | 80.00 ±5.77 | 1.07 b ±0.05 | 98.40 b ±11.48 | 2.58 ±0.33 | 13.00 b ±1.00 |
| 25PT2 | 96.67 ±3.33 | 1.05 b ±0.05 | 96.19 b ±5.22 | 3.19 ±0.38 | 17.67 ab ±1.67 |
| 25PT3 | 86.67 ±3.33 | 1.15 b ±0.05 | 111.13 b ±6.11 | 2.50 ±0.14 | 15.33 ab ±1.20 |

FCA= Factor de Conversión Alimenticia. Valores promedio $\bar{X} \pm s_{n-1}$. (Peso Inicial 0.54 g; Duración 30 días). Dentro de cada columna, las letras diferentes indican que hay diferencias significativas ($P < 0.05$). Sustitución de proteína de harina de pescado con proteína de harina de langostilla. 40PT1. Dieta Control con 40 % de proteína (40P). 40PT2. Sustitución del 25% con harina de langostilla. 40PT3. Sustitución del 50% con harina de langostilla. 25PT1. Dieta Control con 25 % de proteína (25P). 25PT2. Sustitución del 25% con harina de langostilla. 25PT3. Sustitución del 50% con harina de langostilla.

Tabla 3. Efecto del nivel de sustitución de harina de pescado con harina de langostilla en alimentos peletizados experimentales PIASA, sobre el crecimiento, sobrevivencia y FCA de *Penaeus vannamei* bajo condiciones de cultivo intensivo en estanquería .

| Tratamiento Alimenticio | Peso inicial (g) | Peso final (g) | Sobrevivencia (g) | Biomasa final (kg) | FCA |
|-------------------------|------------------|-----------------|-------------------|--------------------|---------------|
| T1 | 0.273 ±0.011 | 7.845 ±0.215 | 77.39 ±7.24 | 29.00 ±4.95 | 3.14 ±0.34 |
| T2 | 0.273 ±0.011 | 7.630 ±1.017 | 78.12 ±10.37 | 27.57 ±4.01 | 3.10 ±0.11 |
| T3 | 0.273 ±0.011 | 8.558 ±0.863 | 74.76 ±10.87 | 29.28 ±3.64 | 2.96 ±0.11 |

FCA= Factor de Conversión Alimenticia. Valores promedio $\bar{X} \pm s_{n-1}$. T1= Dieta Control. T2= Sustitución del 25%. T3= Sustitución del 50%. Sustitución de proteína de harina de pescado con proteína de harina de langostilla.

Los diversos resultados obtenidos en este proyecto indican que la harina de langostilla fabricada a nivel industrial tiene una buena calidad nutritiva y puede ser empleada como sustituto parcial de la harina de pescado en dietas para camarones de la especie *P. vannamei* cultivados en laboratorio e inclusive bajo condiciones de cultivo intensivo en estanquería.

A pesar de que aún hace falta realizar ensayos a gran escala para evaluar las dietas en condiciones de cultivo semi-intensivo en granjas comerciales, los datos hasta ahora generados desde el punto de vista de la captura, el manejo a bordo, los rendimientos y la calidad nutricional de la harina, así como del costo de fabricación, parecen indicar que la explotación de la langostilla bentónica, para usarla como ingrediente en alimentos balanceados sería técnica y económicamente viable.

Es evidente que la harina de langostilla representa el producto más cercano a ser comercializado en el corto plazo debido a que ya se cuenta con cierta infraestructura, una tecnología para empezar y un mercado muy amplio, no solo a nivel nacional, sino también internacional.

1.3 Ensilados

La langostilla ha sido usada como fuente de proteína y aceite de alta calidad para el cultivo de salmónidos (Spinelli y Mahnken, 1978) y de crustáceos (Van Olst *et al.*, 1976; Villarreal, 1995), pero hasta donde sabemos aún no existen antecedentes publicados sobre la obtención de ensilados de langostilla para ser utilizados en la alimentación de organismos acuáticos, lo que representa una línea de investigación interesante por explorar. Diversos autores han trabajado sobre ensilados de pescado y de diversos crustáceos o sus subproductos (Guillou *et al.*, 1995; Chen y Meyers, 1983; Meyers *et al.*, 1990). Existen varios métodos para la preparación de ensilados y se pueden clasificar de manera general en tres grandes categorías dependiendo de la vía utilizada: a) vía química, empleando ácidos orgánicos y/o inorgánicos, b) vía microbiana, empleando bacilos lácticos y c) vía enzimática, haciendo

uso de una o diversas enzimas. Las ventajas de los ensilados son que se pueden estabilizar materias primas perecederas para aumentar su vida de anaquel, obtener productos con una concentración de proteína superior a la de la materia prima original y, en el caso de materias primas que contienen pigmentos, se logran concentrar y estabilizar.

El grupo de investigación del Dr. Samuel Meyers de LSU tiene amplia experiencia en el aprovechamiento de subproductos del acocil *Procambarus clarkii*, y han demostrado que el método por vía química permite obtener excelentes resultados para la obtención de ensilados con alto contenido de pigmentos, buena estabilidad y, además, con un contenido en cenizas inferior al de la materia prima, mismo que es importante considerar en el caso de la langostilla ya que una de las limitantes para su uso en alimentos para acuicultura es precisamente el alto nivel de cenizas.

Recientemente se han generado nuevos productos comerciales a base de organismos marinos, como los hidrolizados de Krill o de pescado. Estos hidrolizados son obtenidos por vía enzimática y han demostrado ser muy efectivos como atrayentes y/o fuentes de proteína para peces y crustáceos. La langostilla representa una materia prima idónea para ser empleada en la obtención de hidrolizados que podrían ser empleados como atrayentes, fuente de proteína y pigmentos carotenoides en dietas para diversas especies acuáticas como trucha, salmón, tilapia, camarones, etc.).

Goyas *et al.* (1997) realizaron pruebas de fabricación de hidrolizados de langostilla utilizando enzimas como alcalasa, tripsina y papaína, entre otras. Al emplear la tripsina reportan una recuperación de astaxantina que varió entre 53.6 y 62.3% dependiendo de si la langostilla estaba cocida o no, respectivamente, sin embargo los productos obtenidos no fueron evaluados como ingredientes en dietas.

1.4 Enzimas

La actividad enzimática del hepatopáncreas de la langostilla le confiere la característica de ser un organismo que se descompone muy rápidamente tras la muerte. Algunos autores han estudiado las principales enzimas presentes y han propuesto que la langostilla puede ser utilizada como una fuente de enzimas de interés para procesos biotecnológicos como la maduración del queso tipo cheddar (García-Carreño y Haard, 1993; García-Carreño, 1995).

Los antecedentes más conocidos con respecto a la obtención de preparaciones enzimáticas a partir de crustáceos para acuicultura, son los estudios realizados por la Universidad de La Habana, Cuba. Este grupo desarrolló la tecnología para la producción de un extracto multienzimático a partir de hepatopáncreas de *Penaeus schmitti* (Hepatopancreatina) que muestra potencialidades como reactivo biológico y/o aditivo para la alimentación de larvas y poslarvas de camarón, incrementando la velocidad de crecimiento de las poslarvas hasta un 23%, lo que ha sido demostrado a través de bioensayos utilizando Hepatopancreatina (Forellat *et al.*, 1990; Carrillo *et al.*, 1995; Forellat *et al.*, 1997).

En la actualidad el CIBNOR desarrolla estudios para la obtención de un extracto nutritivo de langostilla completa con actividad de tipo proteasa, amilasa, lipasa y quitinasa, con la finalidad de microencapsularlo o microparticularlo y dirigirlo hacia la alimentación de poslarvas y juveniles de camarones peneidos (Nolasco y Vega-Villasante, resultados no publicados).

2. LÍPIDOS

2.1 Aceite y Ácidos Grasos

Se han realizado pocos estudios para determinar la calidad nutritiva de la langostilla desde el punto de vista de los lípidos y los ácidos grasos, a pesar de la importancia de éstos nutrimentos y en particular del papel que juegan en la fisiología de la nutrición de organismos acuáticos (Akiyama y Dominy, 1989; Kanazawa, 1993).

El perfil de ácidos grasos de la langostilla ha sido reportado por diferentes autores (Pierce *et al.*, 1969; Veen *et al.*, 1971; Spinelli *et al.*, 1974) y su composición muestra una gran variación debido probablemente a la edad, hábitos alimentarios y estado fisiológico de los organismos. Sin embargo, los diversos autores coinciden en que su composición no difiere mucho de la de otros crustáceos y su alto contenido en ácidos grasos poli-insaturados esenciales para los organismos acuáticos hace a la langostilla un ingrediente de gran interés para ser usado en la alimentación de dichos organismos.

En el caso de los crustáceos, y especialmente los estadios larvarios de los peces, es ampliamente reconocido que los ácidos grasos poli-insaturados (AGPI) deben ser aportados en el alimento para mejorar la sobrevivencia de los organismos en cultivo (Takeuchi *et al.*, 1994), razón por la cual se han desarrollado técnicas para enriquecer en lípidos y particularmente en AGPI las presas vivas de las larvas (rotíferos y/o *Artemia*), a manera de biocápsulas (Civera-Cerecedo, 1985; Sorgeloos *et al.*, 1993). Actualmente la industria japonesa de la acuicultura maneja un producto comercial (SELCO) que se utiliza para enriquecer las presas vivas y que consiste en una mezcla de aceites ricos en AGPI, particularmente en los ácidos linoléico y linolénico, y que ha demostrado ser muy eficiente, pero de alto costo, por lo que es importante generar nuevos productos, de preferencia a base de ingredientes disponibles en México, que permitan mejorar las condiciones de cultivo y optimizar los rendimientos.

La fabricación de harina de langostilla es un método que conlleva a la obtención de aceite, sin embargo, las pruebas hasta ahora realizadas tanto en laboratorio como en planta harinera han tenido como resultado rendimientos de extracción muy bajos, por lo que sería necesario optimizar las condiciones de proceso (Civera *et al.*, 1998).

El aceite de langostilla ya ha sido probado como enriquecedor en ácidos grasos de los rotíferos empleados como presas vivas para el cultivo de la cabrilla arenosa *Paralabrax maculatofasciatus*, pez marino que está siendo estudiado por varias instituciones en México, a fin de desarrollar su tecnología de cultivo. Resultados preliminares indican que el aceite es eficaz como enriquecedor en lípidos y adicionalmente, tiene la ventaja de aportar pigmentos carotenoides (Roldán-Libenson, *et al.*, 1998).

Si bien se ha reconocido que la nutrición de los organismos adultos "reproductores" es de fundamental importancia (Middleditch, 1980), la dieta óptima y el papel de nutrientes específicos son aspectos que aún no están del todo establecidos para la mayoría de las especies cultivadas (Harrison, 1990; Bray y Lawrence 1992; Harrison, 1997). En la industria camaronesa, el uso de poliquetos en la alimentación de adultos para fines de maduración se ha convertido en una práctica común, pero muy costosa. Lytle *et al.* (1990) consideran que la relación óptima de n3/n6 del poliqueto es lo que específicamente le confiere las propiedades como alimento de maduración.

Tomando en cuenta que la langostilla tiene todos los ácidos grasos esenciales para camarón, es coherente pensar que sirva como alimento complementario durante la maduración. A pesar de que no se han llevado estudios sistemáticos en este sentido, ya se tienen experiencias en al menos dos laboratorios comerciales de producción de camarón donde se ha utilizado la langostilla, ya sea fresca-congelada o su aceite, y en ambos casos los resultados son alentadores (Malagamba, J. Y Rodríguez C., comunicaciones personales).

Las fracciones lipídicas no solo contienen AGPI, sino que también contienen otro tipo de compuestos de vital importancia para la nutrición. A menos que los lípidos sean sometidos a procesos de purificación, por lo general están asociados a proteínas y/o pigmentos, etc. La langostilla y su aceite presentan una intensa coloración rojiza debido a la alta concentración de pigmentos carotenoides y en especial de astaxantina, por lo que el utilizarlos como aporte de lípidos para favorecer la maduración de reproductores de camarón, implicaría también aporte de pigmentos.

2.2 Pigmentos

En los últimos años, el uso de los carotenoides ha ido en aumento en la acuicultura, por las múltiples funciones que han sido reportadas, tales como antioxidantes, precursores de crecimiento, reforzadores del sistema inmunológico, precursores de la vitamina A, etc., además de jugar un papel relevante en la reproducción y también en la alimentación de organismos en estadios larvales (Craick, 1985; Torrinsen, 1990; Grung *et al.*, 1993).

Los carotenoides que han sido encontrados con mayor frecuencia en crustáceos son el β -caroteno, la astaxantina y la equinonona, provenientes directamente del alimento y/o derivados metabólicos de otros carotenos proporcionados a través de las mismas dietas, ya que estos pigmentos no pueden ser sintetizados *de novo* en este grupo de organismos.

La astaxantina es el carotenoide que ha sido descrito con mayor frecuencia en los crustáceos como producto final del metabolismo de estos pigmentos (Katayama *et al.*, 1972). Su presencia en crustáceos se limita principalmente al exoesqueleto, ojos, hemolinfa, huevos, glándula media del sistema digestivo y el ovario (Meyers y Latscha, 1997).

Debido a los diferentes factores que afectan el contenido y composición de carotenoides en las especies animales susceptibles de ser cultivadas en forma masiva, se requieren cantidades suficientes para la obtención a gran escala de dichos pigmentos, importantes comercialmente hablando. De esta forma el uso de la astaxantina ha ido en aumento a la par del desarrollo del cultivo y criadero de muchas especies comerciales como camarones peneidos, tilapias, salmónidos, aves de postura y engorda, etc. (Meyers y Lascha, 1997; Carrillo-Domínguez *et al.*, 1995).

El aceite de langostilla ha sido estudiado como fuente de pigmentos en dietas para algunos organismos acuáticos y aves de corral con bastante éxito (Carrillo-Domínguez *et al.*, 1995). Estudios tendientes a evaluar la capacidad de la langostilla como agente pigmentante en dietas para la trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss* han demostrado que la langostilla presentó un contenido de astaxantina de 145 mg/kg, constituida por 24% en forma libre, 36% en forma monoesterificada y 40% en forma diesterificada. El alimento para peces adicionado con la astaxantina de langostilla, contuvo 8% de astaxantina libre, 22% monoesterificada y 70% diesterificada. Los peces pigmentados con la dieta adicionada de astaxantina a una concentración de 72 mg/kg, al cabo de seis semanas presentaron una concentración de 3.6 mg/kg en el tejido muscular que corresponde a una eficiencia de deposición del 5%, cantidad que se considera en los límites reportados para astaxantina sintética (Coral *et al.*, 1997 y 1998). Por otro lado, dada la cantidad de astaxantina libre presente tanto en la langostilla, en el alimento y la cantidad total depositada, hace pensar que el uso de esta fuente de pigmentos en la acuicultura puede ser una alternativa dadas las condiciones económicas del país.

El análisis de astaxantina en *P. planipes* fue reportado también por Carrillo-Domínguez *et al.* (1995) como de 120 ppm. Su uso en la avicultura (Carrillo-Domínguez *et al.*, 1995) y en la acuicultura ha demostrado ser un excelente producto para lograr la pigmentación de especies en cultivo tales como el salmón (*Oncorhynchus kisutch*) y aves de corral (Carrillo-Domínguez *et al.*, 1995). En cuanto a la obtención de los pigmentos carotenoides, específicamente la astaxantina, se ha reportado que mediante el uso de aceite de soya como vehículo de extracción a 90°C, lo hacen ser un proceso relativamente sencillo pero con un grado de ineficiencia del 50% que es considerablemente alto. Por este razón, se abren posibilidades de optimizar su extracción y posible escalamiento para lograr un producto de alta calidad y con rendimientos superiores a los obtenidos con otras fuentes.

3. CARBOHIDRATOS

3.1 Quitina

Un producto que ha recibido mucha atención por su gran variedad de aplicaciones en la industria de los alimentos, farmacéutica, de reactivos biológicos y otras, es la quitina, misma que representa el

principal componente estructural del exoesqueleto de los crustáceos. En el caso de la langostilla, se han reportado contenidos de quitina tan diferentes como 6.80% y 21.62%, (Spinelli *et al.*, 1974 y Castro-González *et al.*, 1995), respectivamente. La razón de lo anterior puede estar relacionada con la edad, zona de captura y/o métodos de determinación de la quitina, sin embargo, se podría suponer que ésta sea mayor en animales adultos (Castro-González *et al.*, 1995a).

No *et al.* (1989), aislaron y caracterizaron la quitina del acocil *Procambarus clarkii* y han reportado el uso de la quitosana de ese mismo organismo como coagulante para la recuperación de compuestos orgánicos provenientes de desechos de recursos marinos (No, 1987; No y Meyers, 1989). Además, se ha reportado que la quitina forma complejos con los carotenoides (Meyers *et al.*, 1990).

Dado que los organismos con capacidad quitinolítica endógena o proveniente de bacterias en su tracto digestivo son capaces de aprovechar pequeñas cantidades de la astaxantina de dichos complejos, se han abierto líneas de investigación sobre el uso de los complejos quitina-astaxantina como fuentes de pigmentos en la dieta de aves de engorda. De la misma manera, se ha sugerido que puedan ser utilizados como sustratos biológicos activos en dietas para mejorar la pigmentación del camarón (Meyers *et al.*, 1990).

Si bien la quitina extraída de langostilla no ha sido evaluada para alimentar organismos acuáticos hasta el momento, ésta representa una fuente potencial atractiva. Además, existe un gran mercado internacional tanto para la quitina, como para la quitosana y la N-acetil-D- glucosamina.

4. MINERALES Y OTROS PRODUCTOS

4.1 Minerales

Al igual que otros crustáceos, la langostilla se caracteriza por tener un elevado contenido de cenizas, debido principalmente a los minerales presentes en forma de carbonatos y fosfatos en el exoesqueleto. Los valores hasta ahora reportados varían de 12.8 a 35.9 % (Castro-González *et al.*, 1995a), pero (Castro-González *et al.*, 1995b) han detectado contenidos más altos (32-38.3%) y hasta 39% (Civera *et al.*, 1998). Las variaciones pueden deberse no solo al tipo de langostilla (bentónica, pelágica, bentónica-pelágica) y a la época de captura, sino también a los métodos empleados para las determinaciones y la preservación de las muestras.

La langostilla representa una fuente importante de minerales como fósforo, calcio, magnesio, zinc, sodio, potasio, cobre y manganeso, sin embargo, no se han hecho estudios específicos para determinar la biodisponibilidad de los minerales para organismos acuáticos, mismo que es necesario realizar para optimizar la formulación de los alimentos que contengan langostilla.

4.2 Coextruídos

Como ya se mencionó, una de las características que han distinguido a la langostilla es que es un producto perecedero de relativa rápida descomposición, de ahí el interés de emplear métodos para estabilizar el producto, aumentar su vida de anaquel, conservar o potenciar sus cualidades nutricias y aumentar su valor agregado. Para ese fin, existen métodos que pueden ser implementados, tales como la coextrusión con algún otro ingrediente, como pueden ser las harinas de trigo, soya, sorgo, etc.

El proceso de "extrusión" de ingredientes brinda un valor agregado a los productos, mejorando la disponibilidad de los nutrientes. La extrusión se ha convertido en un proceso importante en la producción alimentaria, en donde más de 100 empresas en el mundo intervienen en la fabricación de alimentos; dado que es un método versátil y eficiente en el gasto de energía y en la producción de alimentos balanceados (Kiang, 1990) debido a que brinda beneficios en la tasa de conversión alimenticia ya que mejora la digestibilidad de los nutrientes, da estabilidad al alimento en el agua, reduce los costos por alimento y permite además una esterilización del producto (Cluet, 1990; Woodrooffe, 1993 y Reynolds, 1990 en Kiang, 1996) y provee la oportunidad de utilizar un amplio rango de material fresco (Botting, 1991; Kiang, 1996).

La pasta de soya ha sido comúnmente usada en coextruidos con productos frescos, pero se ha reportado que la extrusión deteriora su calidad nutricional por lo que se ha sugerido utilizar otros acarreadores como la harina de sorgo.

Actualmente la Universidad Autónoma de Nuevo León y el CIBNOR se encuentran realizando las primeras pruebas de coextrusión langostilla-sorgo para evaluar su eficiencia en alimentos para camarón.

4.3 Atractantes

Varios estudios realizados en el CIBNOR han puesto en evidencia que la inclusión de harina de langostilla en las dietas para camarones peneidos y algunos peces marinos conlleva a un mayor consumo de alimento, fenómeno que pudiera estar relacionado con su capacidad como attractante. Actualmente se realizan investigaciones para evaluar dicha capacidad en diversos productos y subproductos de langostilla, a través de ensayos de quimiodetección, quimioatracción y de ingestión en camarones peneidos (*P. vannamei* y *P. stylirostris*) y crustáceos de agua dulce (*Macrobrachium rosenbergii* y *Procambarus clarkii*), en colaboración con la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Las fracciones de langostilla hasta ahora analizadas son: prensado de langostilla, aceite de langostilla, agua de cola, extracto etéreo, agua de cola procesada y extracto de langostilla, además de un testigo negativo consistente en un extracto de una dieta basal con características anti-palatables y anti-attractantes, y un testigo positivo representado por un attractante comercial.

Los resultados hasta ahora obtenidos parecen indicar que el agua de cola y el aceite de langostilla presentan buenas características atractantes, tomando en cuenta la similitud de las respuestas de los organismos con relación a un attractante comercial (Mendoza, R., comunicación personal), por lo que estos subproductos de la fabricación de harina de langostilla podrían encontrar un nicho amplio en la alimentación de organismos acuáticos, y particularmente en los crustáceos.

Las diversas investigaciones realizadas y por iniciarse permitirán proponer alternativas viables de aprovechamiento para el recurso langostilla y beneficiar con ello el desarrollo de sectores como el pesquero, el de transformación de productos marinos, el de la alimentación animal y de la acuicultura, entre otros, bajo un esquema de sustentabilidad.

Referencias:

- Akiyama, D.M. and Dominy, W.G.** 1989. Penaeid shrimp nutrition for the commercial feed industry. In: Texas Shrimp Farming Manual, Vol. 1: Grow-out technology. Texas Agricultural Extension Service and Texas A&M University, Sea Grant College Program. 50 pp.
- Aurioles-Gamboa, D.** 1995. Distribución y abundancia de la langostilla bentónica (*Pleuroncodes planipes*) en la plataforma continental de la costa occidental de Baja California, en La Langostilla: Biología, Ecología y Aprovechamiento, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, A.C., pp 59-92.
- Bray, W.A. and A.L. Lawrence.** 1992. Reproduction of *Penaeus* species in captivity. En: Fast, A.W. and J.L. Lester (eds.) Marine Shrimp Culture: Principles and Practices. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, pp 93-170
- Carrillo, D. S., Pérez-Gil, R.F., Avila-González, F. y Castro-González, M.I.** 1995. La Langostilla en la avicultura, en La Langostilla: Biología, Ecología y Aprovechamiento, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, A.C., pp 193-206.
- Castro-González, M.I., Carillo-Domínguez, S., Pérez-Gil Romo, F. y Calvo-Carrillo, C.** 1995a Composición química de la langostilla y procesos tecnológicos, en La Langostilla: Biología, Ecología y Aprovechamiento, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, A.C., pp 163-177.
- Castro-González, M.I., C.M.C. Calvo, L.R. Sanchez-Armas, Pérez-Gil, R. F. y D. Aurioles-Gamboa.** 1995b. Langostilla (*Pleuroncodes planipes*), Stimpson: Mineral content under different preservation procedures. *J. Food Sci. Technol*, 1995, Vol 32, No. 6, 482-485.
- Casillas, H.R. y B.F. Magallón.** 1988. Substitución de insumos tradicionales en las dietas para la engorda del camarón. Informe Interno. Centro de Investigaciones Biológicas de B.C.S., México.
- Civera-Cerecedo R.** 1985. Comparaison de l'efficacité des différentes techniques d'enrichissement du rotifère *Brachionus plicatilis*. (O.F. Muller). Diplome d'Etudes Approfondies. Université de Bretagne Occidentale.
- Civera-Cerecedo, Roberto, Goytortúa-Bores, E., Rocha-Meza, S. and Greene-Yee, A.,** 1992. Utilization of Red Crab (*Pleuroncodes planipes*) Meal as a Protein Source for *Penaeus vannamei* Juveniles. Conferencia: Aquaculture'92, Orlando, Florida, USA.
- Civera, R., Villarreal, F., Vega-Villasante, F., Nolasco, S., Rocha, S. González, M., Goytortúa E. and M.T. Camarillo.** 1994. Digestive enzyme activity and growth of *Penaeus californiensis* fed diets containing red crab, *Pleuroncodes planipes*, meal as a protein source. Abstract publicado en World Aquaculture'94, New Orleans. Louisiana, USA. January 14-18.
- Civera R., E. Goytortúa, S. Rocha, F. Vega y H. Nolasco.** 1998. Proyecto Langostilla Roja: Utilización de la langostilla roja como insumo proteico en alimentos para camaricultura. Proyecto Piloto. Promotora Industrial Acuasistemas, S.A.-Federación de Sociedades Cooperativas Pesqueras de Baja California-CIBNOR. Informe Ejecutivo No. 2. Febrero de 1998.
- Civera, R., H. Villarreal, E. Goytortúa, S. Rocha., F. Vega-Villasante, H. Nolasco, J. Pastén y T. Camarillo.** 1998. Uso de la langostilla (*Pleuroncodes planipes*) como fuente de proteína en dietas experimentales para camarón.. En: R. Mendoza, D. Rique y E. Cruz (eds). 3er. Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. UANL., UNAM, CYTED, CIAD Monterrey, N.L. México. 11 al 13 Noviembre=96. En prensa.

- Coral-Hinostrroza, G., Huberman, H., De la Lanza, G. y Monroy-Ruiz, J.** 1997. Pigmentation of the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with oil extracted astaxanthin from the langostilla (*Pleuroncodes planipes*). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. Vol. 47, No. 3, pp. 237-241.
- Coral-Hinostrroza, G., Huberman, H., De la Lanza, G. y Monroy-Ruiz, J.** 1998. Muscle pigmentation of the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed on oil extracted pigment from the langostilla *Pleuroncodes planipes* compared with two commercial sources of astaxanthin. *J. Aquat. Food Prod. Tech.* 7(2), pp.
- Chen, H.M. and S.P., Meyers.** 1983. Ensilage treatment of crawfish waste for improvement of astaxanthin pigment extraction. *J. Food Sci.* 48(5):1516.
- Craick, J.C.A.** 1985. Egg quality and pigment content in salmonid fishes. *Aquaculture*, 47:61-88.
- Cruz-Suárez, L.E., Alonso-Martinez, G., y Rique, D.** 1990. Utilization of cricket meal (*Pterophylla beltrani*) as a protein source for shrimp feeds. The Crustacean Nutrition Newsletter, Vol. 6. No.1 March 16. Editors: John D. Castell y Kenneth E. Corpron, 5-7.
- Cruz-Suárez, L.E., Robledo-De León, R. y Rique, D.** 1992. Evaluation of tuna by-products meal as a protein source for *Penaeus vannamei* shrimp feed in a controlled environment. Abstract Aquaculture'92, Orlando, Florida May 21-25, 1992.
- Cruz-Suárez, L.E., Rique-Marie, D., Martínez, J.A. y Wesche-Ebeling, P.,** 1993. Evaluation of two shrimp by-product meals as protein sources in diets for *Penaeus vannamei*. *Aquaculture*. 115 (1993) 53-62.
- Ehrhardt, N.E. y Ramirez, P.** 1982. Evaluación de los recursos demersales accesibles y redes de arrastre de fondo en la Península de Baja California, México durante 1979 y 1980. INP. Serie Científica, 23:10-46
- Forrellat, A., González, R., y Carrillo.** 1990. Caracterización y estabilidad de la hepatopancreatina de *Penaeus schmitti* para ser utilizado como reactivo biológico. *Revista de Investigaciones marinas* Vol.11: 281
- Forrellat, A., González, R., y Carrillo.** 1997. Utilización de hepatopancreatina como aditivo alimentario en dietas para postlarvas de *Penaeus schmitti*. *Revista de Investigaciones marinas*. En prensa.
- Gallardo, Y.N.** 1975. Aprovechamiento integral de la langostina *Pleuroncodes planipes*. Tesis de Maestría. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F.
- García, T., y Jaime, B.** 1990. Utilización de la harina de lombriz de tierra (*Eudrilus eugeniae*) en la alimentación de post-larvas del camarón blanco *Penaeus schmitti*. *Revista de investigaciones marinas*. Universidad de la Habana. Vol. XI, No. 2 p. 147-155
- García-Carreño, F.L., Dimes, L. and Haard, N.,** 1993. *Anal. Biochem.* 214: 65-69.
- García-Carreño, F.L., Hernández-Cortes, P., Haard, N.** 1994. *J.Agric. and Food Chem.* 42:1456.
- Goyas, T., Navarrete, M.A. y García-Carreño, F.L.** 1997. Hidrolizados de proteína y obtención de carotenoides de langostilla. VII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería. Mazatlán, Sin. Septiembre 8-10 de 1997. p 308.
- Goytortúa-Bores, Ernesto.** 1993. Evaluación del crecimiento y digestibilidad en el camarón blanco (*Penaeus vannamei*), alimentado con dietas compuesta a base de harina de langostilla (*Pleuroncodes planipes*). Tesis para obtener el título de Ingeniero en alimentos. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, S.L.P., México.
- Grung, M., Y.S. Svendsen, and S. Liaasen-Jensen.** 1993. The carotenoids of eggs of wild and farmed cod (*Gadus morhua*). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 106B:237-242.
- Guillou, A., Khalil, M and Adambounou, L.,** 1995. Effects of silage preservation on astaxanthin forms and fatty acid profiles of processed shrimp (*Pandalus borealis*) waste. *Aquaculture*. Vol. 130, No. 4, pp 351-360.
- Harrison E.K.** 1990. The role of nutrition in maturation, reproduction and embryonic development of decapod crustaceans: A review. *J. Shellfish Res.* 9:1-28
- Harrison E.K.,** 1997. Broodstock nutrition and maturation diets. En: D'Abramo, L.R., D.E. Conklin and D.M. Akiyama (eds.) *Crustacean Nutrition* World Aquaculture Society, Baton Rouge, pp 390-401.
- Hoppe-Seyer, F.** 1876. Unter unterscheidem chemischen bau und er verdauung hoherer und niederer thiere. *Pflugers Archiv. European. J. Physiol.* 14:395-400.
- Kanasawa, A.** 1993. Importance of dietary docosahexaenoic acid on growth and survival of fish larvae. *Finfish-Hatchery in Asia of finfish hatchery in Asia* 91. Lee,-Cheng-Sheng; Su,-Mao-Sen; Liao,-I-Chiu-eds. Keelung Taiwan Tungkang-Marine-Laboratory,-Tfri 1993 No. 3 pp. 87 - 95.
- Katayama, T., T. Katama, and C.O. Chichester.** 1972. The biosynthesis of astaxanthin in the prawn *Penaeus japonicus* Bate (Part II). *International Journal of Biochemistry*, 3:363-368.
- Kato, S.** 1974. Development of the pelagic red crab (Galatheididae, *Pleuroncodes planipes*) fishery in the eastern pacific ocean. *Marine Fisheries Review*. Vol. 36, No. 10, pp. 1-9. October

- Lovett, Donald L. and Darryl I. Felder**, 1990. Ontogenetic change in digestive enzyme activity of larval and postlarval white shrimp *Penaeus setiferus* (Crustacea, Decapoda, Penaeidae). *Biol Bull* 178: 144 - 159.
- Lytle J.S., T.F. Lytle, and J.T. Ogle**, 1990. Polyunsaturated fatty acids profiles as a comparative tool in assessing maturation diets of *Penaeus vannamei*. *Aquaculture* 89:287-299
- Mendoza, A.** 1993. Métodos para evaluar la digestibilidad proteica de los alimentos para organismos acuáticos. En: R. Mendoza, D. Rique y E. Cruz (eds). 1er. Simposium Internacional de Nutrición Acuicola. UANL, UNAM, CYTED, CIAD Monterrey, N.L. México. 4-7 Noviembre.
- Meyers, S.P., H.M. Chen, H.K. No, and K.S. Lee**. 1990 An integrated approach to recovery and utilization of Louisiana crawfish processing wastes. International By-Products Conference. April, 1990, Anchorage, Alaska.
- Meyers, S. P. y Latscha, T.** 1997. Carotenoids. In: Crustacean Nutrition. D'Abramo, L. R. Ed., World Aquaculture Society, pp. 164-193.
- Middleditch, B.S., S.R. Missler and H.B. Hines**. 1980. Metabolic profiles of penaeid shrimp: dietary lipids and ovarian maturation. *J. Chromatography* 195:359-368
- Millán, A.** 1992. Efecto de la sustitución de las harinas de camarón, pescado y soya por harina de langostilla *Pleuroncodes planipes* en el crecimiento y supervivencia de postlarvas de *Penaeus californiensis* (Holmes 1900) (DECAPODA: PENAEIDAE). Tesis de licenciatura. Universidad Simón Bolívar. Escuela de Biología. 104 pp.
- New, M.B.**, 1987. Feed and feeding of fish and shrimp. A manual of the preparation of compound feeds for shrimp and fish in aquaculture. FAO., Rome, 275 p.
- No, H.K.** 1987. Application of crawfish chitosan as a coagulant in recovery of organic compounds from seafood processing wastes. PhD. Dissertation. Louisiana State University. 184 p.
- No, H.K. and S.P., Meyers**. 1989. Crawfish chitosan as a coagulant in recovery of organic compounds from seafood processing streams. *J. Agric. Food Chem.* 37:580.
- No, H.K., S.P. Meyers and K.S., Lee**. 1989. Isolation and characterization of chitin from crawfish shell waste. *J. Agric. Food Chem.* 37:580
- Pierce R.W., Van der Veen, J., and H.S. Olcott**. 1969. Proximate and lipid analyses of krill (*Euphausia* species) and red crab (*Pleuroncodes planipes*). *J. Agr. food. Chem.* Vol 17, No. 2. pp. 367-369.
- Roldán-Libenson, Gabriela, Molina-Camacho, Enrique, Cáceres-Martínez, Carlos y Civera-Cerecedo, Roberto**. 1998. Uso del aceite de langostilla como enriquecedor de rotíferos. Efecto sobre el crecimiento y la sobrevivencia de larvas de cabrilla (*Paralabrax maculatofasciatus*). *Hidrobiológica*. (En prensa).
- Sorgeloos, P., Lavens, P.; Leger Ph.; Tackaert, W.,** 1993. The use of Artemia in marine fish larviculture. Finfish-Hatchery in Asia of finfish hatchery in Asia 91. Lee,-Cheng-Sheng; Su,-Mao-Sen; Liao,-I-Chiu-eds. Keelung Taiwan Tungkang-Marine-Laboratory,-Tfri 1993 No. 3 pp. 73 - 86.
- Spinelli, J., Lehman, L., and Wieg D.** 1974. Composition, processing, and utilization of red crab (*Pleuroncodes planipes*) as an aquacultural feed ingredient. *J. Fish. Res. Board Can.* 31:1025-1029.
- Spinelli and Mahnken**, 1978. Carotenoid composition in *Pleuroncodes planipes* *Aquaculture*, 13:213-223
- Tacon, G.J.A.**, 1994. Feed ingredients for carnivorous fish species alternatives to fish meal and other fishery resources. FAO Fisheries Circular No. 881. Rome, FAO. 1994. 35 p.
- Tacon, A.G.J., and D.M. Akiyama**. 1997. Feed ingredients. En Crustacean Nutrition. Vol.VI. L.R. D'Abramo, D.E. Conklin, and D.M. Akiyama (Eds). World Aquaculture Society. 587pp.
- Takeuchi, T.; Feng-Zheng; Yosedá, K.; Hirokawa, J.; Watanabe, T.** 1994. Nutritive value of DHA-enriched rotifer for larval cod. *Nippon Suisan Gakkaishsi*, vol. 60 No. 5, pp. 6451 - 652.
- Tinsley, A.M., Soifer, N.L., Kern, J.M. y Weber, C.W.** 1984. Housefly meal as a protein source for controlled environment aquaculture shrimp. *Nutrition Reports International*. Vol.29 (2): 405-410.
- Torrinsen, O.J.**1990. Biological activities of carotenoids in fishes. The current status of fish nutrients in aquaculture. Pages 387-399. En M.Takeda, and T. Watanabe, Editors. Proceedings of the Third International Symposium on Feeding and Nutrition in Fish, Tokyo University of Fisheries, Tokyo, Japan.
- Van Olst, J.C., Ford, R.F., Carlberg, J.M. y Durban, W.R.,** 1976. Use of thermal effluent in culturing the american lobster. Power Plant Heat Waste Utilization in Aquaculture-Workshop I: 71-100.
- Van der Veen, J., Medwadowski, B., and H.S. Olcott**. 1971. The lipids of krill (*Euphausia* species) and red crab (*Pleuroncodes planipes*). *Lipids*, Vol. 6, No. 7. pp 481-485.
- Villarreal, H.** 1995. Utilización de la langostilla en la acuicultura. Cap. 11 En La Langostilla: Biología, Ecología y Aprovechamiento eds. Aurióles-Gamboa, D. y E.F. Balart, pp 179-191. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz, B.C.S.

- Villarreal H. and M.P. Castro.** 1992 . Preliminary studies on the effect of protein content on the growth of *Penaeus vannamei* at marine salinities. Abstract publicado en Aquaculture'92, Orlando, Fla. May 21-25.
- Villarreal H., Civera R., Pastén J., Vega F., Rocha S. and E. Goytortúa.** 1994. Effect of the partial and total substitution of shrimp meal, fish meal and red crab (*Pleuroncodes planipes*) meal in the growth of juvenile white shrimp, *Penaeus vannamei*. Abstract publicado en World Aquaculture'94, New Orleans. Louisiana, USA. January 14-18.