

## **Tendencias y Retos Globales de los Alimentos Para Camarón**

Albert G. J. Tacon , Warren G. Dominy & Gary D. Pruder

The Oceanic Institute, Makapuu Point/41-202 Kalaniana'ole Hwy. Waimanalo, HI  
96795, USA, Tel: (808) 2 59 79 51, ATACON@compuserve.com

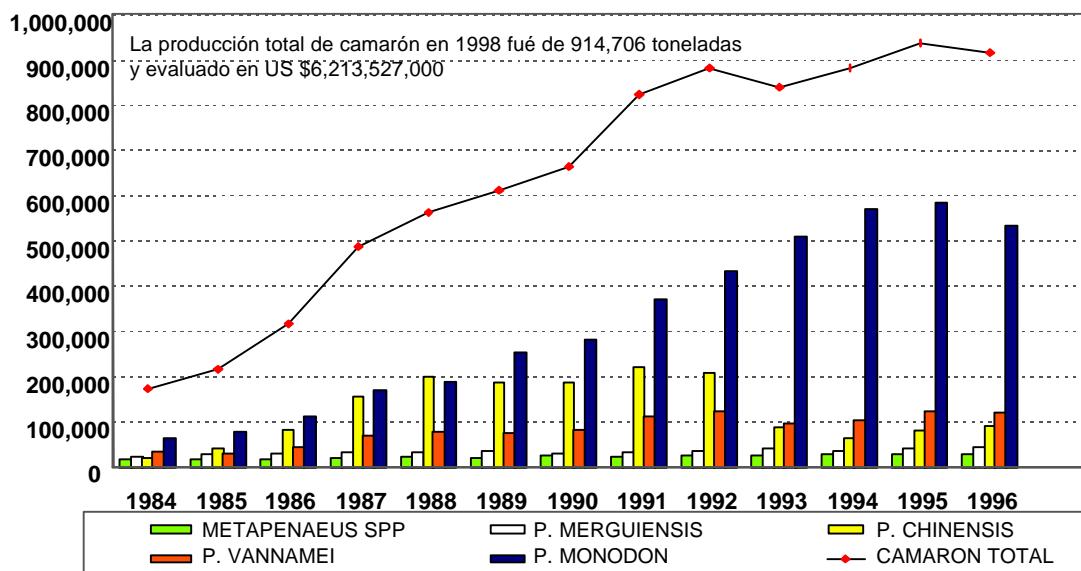
---

### **Resumen**

El presente trabajo revisa las tendencias actuales en la producción mundial de alimentos acuícolas. A pesar de que no existen estadísticas oficiales sobre la producción global y uso de alimentos compuestos para camarones marinos, al utilizar como base la producción de alimentos por país y estimaciones de mercado obtenidas de la industria, se estimó que la producción global de alimento para camarón fue de entre 1.0 a 1.2 millones de toneladas métricas (mtm) y valuada en \$ 0.65 a \$ 0.75 billones de dólares Americanos (USD) para 1997. Además, el presente trabajo hace una revisión sobre los principales retos que enfrenta el desarrollo de la industria de alimentos para camarón, incluyendo 1) el poco conocimiento sobre la nutrición de los camarones, 2) el importante papel que desempeñan la flora y fauna natural alimento sobre el balance nutricional general del área de cultivo, 3) la poca información sobre los requerimientos nutricionales de los camarones bajo condiciones prácticas de cultivo, 4) la necesidad de desarrollar alimentos y estrategias de alimentación que se ajusten a las necesidades del sistema de cultivo y del acuicultor, 5) la necesidad de reducir la dependencia de los productores de alimento para acuicultura por el uso de harina de pescado y otras fuentes provenientes de la pesquería de organismos marinos, 6) la necesidad de considerar los requerimientos nutricionales adicionales para la reproducción del camarón, y para lograr una óptima salud y resistencia a enfermedades, 7) la necesidad de considerar el valor nutricional y uso de aditivos alimenticios, 8) la necesidad de maximizar la eficiencia en la utilización de nutrientes, y minimizar la pérdida de nutrientes y desperdicio de alimento, 9) la posibilidad de que los ingredientes alimenticios y los alimentos balanceados actúen como vectores para la introducción y transmisión de patógenos potenciales para el cultivo de camarón, 10) la importancia del manejo en granja del alimento y del agua como indicadores del éxito o no de un alimento acuícola, 11) la necesidad de cerrar el ciclo de vida del camarón cultivado por medio del desarrollo y uso de alimentos mejorados para larvas, de crianza y para reproductores, 12) la necesidad del sector productor de alimentos acuícolas comerciales para desarrollar códigos y guías sobre buenas prácticas en la elaboración y manejo, y 13) el importante papel jugado por microorganismos en el mantenimiento de la productividad, estabilidad y salud de los ecosistemas acuáticos.

## Introducción

Dentro de un espacio de solo 25 años el cultivo comercial de camarón ha emergido dentro de las primeras industria acuícolas a nivel mundial según su valor, y una de las industrias productoras de alimentos que mayor velocidad de crecimiento presenta. Por ejemplo, de acuerdo a las últimas estadísticas oficiales de producción por acuicultura compiladas por la FAO, la producción total de camarón cultivado en 1996 asciende a 0.91 millones de toneladas métricas (mtm) (representando el 27% de las 3.38 mtm de camarón por pesca) y fueron valuado en \$ 6.2 billones de dólares (Figura 1, Tabla 1). Por otra parte, a pesar de que la producción total de camarón de cultivo solo representó el 2.68% de la producción mundial por acuicultura en términos de peso en 1996, el cultivo de camarón representa el 13.3% de la producción acuícola total en términos de valor; las tres especies de camarón más cultivadas, esto es, *Penaeus monodon*, *P. vannamei*, y *P. chinensis* (representando el 58.2%, 13.1% y 9.7% respectivamente de la producción total de camarón por peso en 1996) están colocados en el 1o, 16avo y 23avo lugar en términos globales de la producción total de acuicultura por valor (\$3.93, 0.75 y 0.63 billones de dólares, respectivamente; FAO, 1998).



Crecimiento expresado como % de incremento desde 1995 y APR para 1984-1996: P. Monodon 63,692 a 532,322 tm, -8.9% y 22.2%, P. vannamei 33,092 a 120,274 tm, -0.7% y 11.5%, P.chinensis 19,375 a 89,228 tm, 13.2% y 14.9%, P.merguensis 22,219 a 42743 tm, 4.1% y 6.1%, Metapeneus spp. 5,804 a 26,752 tm, 6.0% y 4.9%, Total de camarón 172,292 a 914,706 tm, -2.3% y 16.1% (Fuente: FAO, 1998).

Figura 1. Producción global de acuicultura de camarón del período 1984-1996 (Fuente: FAO, 1998).

Como en todos los sistemas de cultivo de animales, el crecimiento y producción de camarón de cultivo depende completamente de la suplementación e ingesta de nutrimentos y alimentos; este último representa el principal y más alto costo de operación de la mayoría de los cultivos semi-intensivos e intensivos. En general el alimento para camarón puede variar desde el uso de la fauna y flora natural del estanque, como es el caso de los sistemas de tipo extensivo, hasta el uso de alimento balanceado artificial utilizado en los sistemas de cultivo de tipo semi-intensivo e intensivo. El objetivo del presente trabajo es hacer una revisión de las principales tendencias y retos que enfrenta el uso de alimento balanceado compuesto para el cultivo de camarones peneidos marinos.

Tabla 1. Producción total mundial de camarón cultivado en 1996 (Fuente: FAO, 1998)

Camarones	Producción (Ton. Métricas)	Cambio 95-96 (%)
Camarón tigre gigante <i>Penaeus monodon</i>	532,322	-8.9
Camarón blanco del Pac. <i>Penaeus vannamei</i>	120,274	-0.7
Camarón Chino <i>Penaeus chinensis</i>	89,228	+13.2
Camarón Peneido <i>Penaeus</i> spp, spp no dada	82,239	+22.6
Camarón Banana <i>Penaeus merguirensis</i>	42,743	+4.1
Camarón Metapeneido <i>Metapenaeus</i> spp	26,752	+6.0
Camarón Azul <i>Penaeus stylirostris</i>	10,941	+12.3
Camarón Kuruma <i>Penaeus japonicus</i>	2,808	+25.4
Camarón blanco de la India <i>Penaeus indicus</i>	2,714	+4.5
Camarón Akiami <i>Acetes japonicus</i>	2,200	+58.0
Camarón Endeavour <i>Metapenaeus endeavour</i>	1,135	-12.3
Natantian decapodos <i>Natantia</i>	1,094	-5.7
Camarón común <i>Palaemon serratus</i>	140	+27.3
Camarón cola roja <i>Penaeus penicillatus</i>	116	-22.7
<b>Total</b>	<b>914,706</b>	<b>-2.3</b>

### Producción Global de Alimentos Acuícolas para Camarón

Aunque no existe información o estadísticas oficiales concernientes a la producción y uso de alimentos acuícolas para camarón, se ha estimado que el total de la producción global en 1996 fue aproximadamente de 1.37 mtm (Tacon, 1998). Esta estimación parte de la suposición que el 75% de la producción total de camarón reportada por la FAO (914,706 tm en 1996) se basa en el uso de alimentos acuícolas, y considerando un factor de conversión alimenticia (FCA) promedio de 2.0 (ej. 2 tm de alimento seco producen una tonelada métrica de camarón en base al peso vivo).

Sin embargo, en base a los datos (no oficiales) de producción de camarón reportados por Rosenberry (1997; Tabla 2), quien estimó que para 1997 la producción total fue de 600,200 tm (693,000 tm en 1996 o cerca del 75% de la figura correspondiente a la FAO de 1996), y usando las suposiciones antes mencionadas, se estima que la producción total de alimentos en 1997 fue aproximadamente de 0.9 mtm.

Tabla 2. Reporte de 1997 del cultivo de camarón por país (tomado de Rosenberry, 1997)

Región:	Principales productores (Ton. Métricas)	Total hectáreas en producción (ha; EFS:SIFS:IFS%) <sup>1/</sup>	Principal tasa de producción por país (kg/ha/año)	Número de granjas
<b>Hemisferio Oriental</b>				
Tailandia	150,000	70,000 - 5:15:80	2,143	25,000
China	80,000	160,000 - 50:45:5	400	8,000
Indonesia	80,000	350,000 - 70:15:15	229	60,000
India	40,000	100,000 - 92:8:0	400	100,000
Bangladesh	34,000	140,000 - 90:10:0	243	32,000
Vietnam	30,000	200,000 - 80:15:5	150	8,000
Taiwán	14,000	4,500 - 10:40:50	3,111	2,500
Filipinas	10,000	20,000 - 40:50:10	500	2,000
Malasia	6,000	2,500 - 0:30:60	2,400	800
Australia	1,600	480 - 0:55:45	3,333	35
Japón	1,200	300 - 0:20:80	4,000	135
Otros	14,00	20,000	700	2,000
<b>Total</b>	<b>462,000</b>	<b>1,068,780</b>	<b>Media 432</b>	<b>241,270</b>
<b>Hemisferio Occidental</b>				
Ecuador	130,000	180,000 - 60:40:0	722	1,800
México	16,000	20,000 - 20:75:5	800	220
Honduras	12,000	14,000 - 20:80:0	857	90
Colombia	10,000	2,800 - 0:100:0	3,571	20
Panamá	7,500	5,500 - 10:90:0	1,363	40
Perú	6,000	3,200 - 5:90:5	1,875	45
Brasil	4,000	4,000 - 15:85:0	1,000	100
Nicaragua	4,000	5,000 - 0:100:0	800	25
Venezuela	3,000	1,000 - 0:100:0	3,000	8
Belice	2,500	700 - 0:85:15	3,571	7
USA	1,200	400 - 0:80:20	3,000	20
Otros	1,200	2,000	1,000	15
<b>Total</b>	<b>198,200</b>	<b>238,600</b>	<b>Media 831</b>	<b>2,390</b>
<b>Total</b>	<b>660,200</b>	<b>1,307,380</b>	<b>Media 505</b>	<b>243,660</b>

<sup>1/</sup> EFS – Sistema de Cultivo Extensivo (baja densidad <2.5/m<sup>2</sup>; recambio de agua por mareas de 0 a 5% diario, fuente de alimento organismos naturales del estanque, producción que puede ser auxiliada a través de la aplicación de fertilizantes, uso mínimo u ocasional de alimento balanceado, rendimiento 50 a 500 Kg de cabeza / año, y costos de producción de \$ 1 a 3 USD/kg de camarón vivo (ejemplo: a través del consumo SIFS – Sistemas de Cultivo Semi-Intensivo; IFS – Sistemas de Cultivo Intensivo; total EFS, SIFS y IFS para el Hemisferio Oriental 715,050 ha. (68.2%), 200,410 ha (19.1%), y 132,806 ha (12.7%) respectivamente, y para el Hemisferio Occidental 116,110 ha (49.1%), 119,145 ha (50.4%) y 1,345 ha (0.5%), respectivamente.

Esta figura aproxima (aunque es más bajo) la suma de los volúmenes estimados del mercado de alimentos reportados para los principales países productores de camarón en 1997, incluyendo:

**Tailandia** (350,000-360,000 tm; Yeo Keng Joon, 1998; Merican, 1998);  
**Ecuador** (214,000-216,000; Talavera, 1998; Ruy Quevedo, Lasertec S.A. Grupo Promarisco – com. per., Marzo de 1998);  
**Indonesia** (150,000-205,000 tm; Yeo Keng Joon, 1998; Merican, 1998; Poh Yong Thong, PT Bestari Indoprime – Com. per., Junio de 1998);  
**India** (40,000-70,000 tm; Corpron y Chandran, 1998);  
**Filipinas** (10,000-25,000 tm; Yeo Keng Joon, 1998; Dannie Zarate, San Miguel Foods Inc y Philip Cruz, Cruz Aquaculture Corporation – com. per. Sept., 1998);  
**México** (22,400 tm; Talavera, 1998)  
**Colombia** (20,100 tm; Talavera, 1998)  
**Honduras** (16,700 tm; Talavera, 1998)  
**Perú** (13,300 tm; Talavera, 1998)  
**Malasia** (10,000-12,000 tm; Yeo Keng Joon, 1998; Merican, 1998)  
**Taiwan** (10,000-12,000 tm; Yew-Hu Chien, National Taiwan Ocean University – com. per. Sept., 1998)  
**Panamá** (10,500 tm; Talavera, 1998)  
**Brasil** (6,900 tm; Talavera, 1998)  
**Bangladesh** (5,800 tm; Rezaul Hasan, Bangladesh Agricultural University–com. per., Sept., 1998)  
**Nicaragua** (5,600 tm; Talavera, 1998)  
**Venezuela** (5,400 tm; Talavera, 1998)  
**Guatemala** (4,900 tm; Talavera, 1998)  
**Japón** 4,000 tm (Merican, 1998)  
**Belice** (3,800 tm; Talavera, 1998)  
**Australia** (3,200 tm; Kok Leong Wee, Ridley Corporation Ltd.– com. per., Sept., 1998)  
**Costa Rica** (2,600 tm; Talavera, 1998)  
**USA** (2,400-2,500 tm; Cheryl Shew, Zeigler Bros., Inc – com. per. Sept., 1998; Laurie Fowler, Rangen Inc – com. per., Sept. 1998)  
**Cuba** (1,900 tm; Talavera, 1998), y  
**El Salvador** (700 tm; Talavera, 1998)

En base a esta información la producción combinada total de alimentos para camarón en 1997 varió de 1,063,100 tm (1.0 mtm) a 1,228,200 tm (1.2 mtm), o aproximadamente 10% menos que las 1.37 mtm estimadas para 1996 (Tacon, 1998). En términos de producción de alimentos acuícolas para camarón estimados por región, fue de 331,200 a 333,300 tm producidos en países del hemisferio occidental (27.1 a 31.1% de los alimentos para camarón) y 73,900 a 894,900 tm en países del hemisferio oriental (68.8 a 72.9% de la producción total de alimentos para camarón) en 1997.

La caída en la producción global de alimentos para camarón con respecto a la producción de 1995 es un reflejo de la reducción en la producción y en la demanda global de camarón, debido a las pérdidas por enfermedad que sufrió el sector de cultivo de camarón en los años recientes (Figura 1; Corpron y Chandran, 1998; Yeo Keng Joon, 1998; Lucien-Brun, 1997; Merican, 1998; Rosenberry, 1997). Sin embargo, a pesar de la reducida demanda de alimentos en muchos países debido a pérdidas por enfermedad (ej. Tailandia, China, Indonesia, Taiwan,

India, Filipinas, Ecuador, Bangladesh, México, Colombia, Brasil) también se ha encontrado un cambio evidente en muchos países que han incrementado el uso de alimentos acuícolas con la intensificación de los sistemas de cultivo (ej. Ecuador, Indonesia, China, Vietnam, Bangladesh).

Asumiendo un precio del alimento al menudeo de \$ 0.40 a 1.25 USD/ kg (estos datos, en general, reflejan el menor costo de alimento en Latino América y el mayor costo en Asia; Corpron y Chanran, 1998; Devresse, 1996; Yeo Keng Joon, 1998; Merican, 1998), el valor general de las ventas totales de alimentos para camarón en 1997 fue de \$ 0.65 a 0.78 billones de dólares; este valor se obtuvo tomando un precio promedio de venta a menudeo de \$ 0.4/ kg para alimentos acuícolas vendidos en países del hemisferio occidental y \$ 0.75/ kg para países del hemisferio oriental.

### **Principales Retos Que Enfrenta El Desarrollo De Alimentos Balanceados Para Camarón**

En la opinión de los autores, los principales retos que enfrenta el desarrollo de alimentos se pueden ver como sigue:

*1) El poco entendimiento sobre la nutrición del camarón, incluyendo el papel nutricio y la importancia económica que tiene la productividad natural en el presupuesto nutricional global de los camarones bajo sistemas de cultivo extensivos, semi-intensivo y en menor medida en los sistemas intensivos, y la consecuente necesidad de considerar la nutrición del camarón y el desarrollo de alimento balanceado de una manera mas holística dentro del contexto global del sistema de cultivo deseado y del ecosistema acuático.*

Si bien es cierto que el crecimiento y producción de camarón depende de la ingestión de alimento, el cual contiene 40 o más nutrimentos esenciales, la forma bajo la cual estos nutrientes son suministrados depende del sistema de cultivo y la estrategia de alimentación empleados. Por ejemplo, dentro de un sistema de cultivo de tipo extensivo (EFS) los nutrientes son suministrados principalmente en forma de organismos vivos, mismos que representan la fauna y flora natural del sistema, mientras que en los sistema de cultivo de tipo semi-intensivo (SIFS) los nutrimentos son suministrados por una combinación entre flora y fauna natural (en donde la producción de estos organismos puede ser estimulada e incrementada con la aplicación de fertilizantes) y alimento suplementario externo (incluyendo alimento balanceado). En contraste, dentro de un sistema de cultivo de tipo intensivo (IFS) el aporte de nutrimentos es suministrado casi en su totalidad en forma de alimento compuesto nutricionalmente "completo", ya sea solo o en combinación con fuentes frescas con alto valor nutricio como lo son el pescado entero, la Artemia, gusano o almejas

A pesar de lo simple que parecen estas rutas de nutrimentos, la mayoría de los nutriologos y productores de alimento aún consideran que la nutrición del camarón depende de la formulación, fabricación y aplicación de alimento balanceado sin considerar el tipo de cultivo utilizado. Como ejemplo en la Tabla 3 se muestra un resumen de los principales trabajos llevados a cabo para demostrar el papel nutricio que juega la flora y fauna natural en el presupuesto nutricio de camarones alimentados con una dieta balanceada en estanquería, y en menor medida en organismos crecidos en sistemas de cultivo en tanques.

Según los datos presentados, es claro que la flora y fauna naturales juegan un papel clave como alimento en el presupuesto nutricional total de camarones criados en estanques, aún a altas densidades de siembra.

Tabla 3. La mayoría de los estudios realizados que demuestran la importancia de organismos naturales como alimento en el presupuesto nutricional del camarón cultivado en estanque.

**Anderson et al. (1987)** reportan que la biota natural de los estanques es la responsable del 53-77% del incremento en carbón de los camarones bajo cultivo (*P. vannamei*; densidad de siembra 20/m<sup>2</sup>) comparada con el 23-47% suministrado de manera exógena vía alimento balanceado.

**Cam et al. (1991)** reportaron que la productividad natural participó con el 86.7, 42.7, 41.7 y 34.4% del crecimiento de carbón del camarón cultivado en estanque (*P. japonicus*; densidad de siembra 20/m<sup>2</sup> PL<sub>20-22</sub>: 25mg de peso inicial) después de 30, 60, 90 y 120 días, respectivamente; el camarón cultivado fue alimentado con una dieta peletizada con 57.4% de proteína desde el día 15 después de la siembra hasta el final del experimento, día 120.

**Leber y Pruder (1988), Moss et al. (1992) y Moss (1995)** reportan que el uso de agua no filtrada para el cultivo de camarón tuvo un efecto sobre el incremento del crecimiento de camarones (*P. vannamei*) cultivados en laboratorio; camarones cultivados en condiciones de "microcosmos" en tanques con fondo de plástico con abasto de agua pasada a través de estanques y utilizando como alimento dietas artificiales crecen un 50% más rápido que aquellos camarones que se encuentran en sistemas similares pero con un abasto de agua clara.

**Bostock (1991)** reportó que no existen diferencias en el crecimiento de camarones cultivados en estanquería (*P. monodon*; con una densidad de siembra 10/m<sup>2</sup>) en la India al alimentarlos con un alimento peletizado con alto contenido de nutrientes con respecto a camarones alimentados con un alimento en forma de bolitas de pasta con un costo equivalente a un tercio del primero.

**Teichert-Coddington et al. (1991)** reportaron que el uso de desecho de gallinas (aplicados a una tasa de 220 kg/ha/semana) resultó ser un sustituto rentable respecto a costos alimentos balanceados para camarón (dieta con 26% proteína cruda) durante las primeras ocho o nueve semanas del cultivo de *P. vannamei*/*P. stylirostris* (relación de siembra 89/11 y densidad 5/m<sup>2</sup>).

**Castille y Lawrence (1989)** reportaron la no-esencialidad de fortificar con vitaminas los alimentos cuando los camarones (*P. vannamei*) son cultivados en corrales a cielo abierto (situados dentro de estanques de tierra; con una biomasa inicial y final de 103 y 247 g/m<sup>2</sup>, respectivamente).

**Trino et al. (1992)** reportaron la no-esencialidad de fortificar con vitaminas a camarones (*P. monodon*; densidad de siembra de 5 juveniles/m<sup>2</sup>, peso inicial 0.1-0.17g) cultivados en estanques a cielo abierto y alimentados durante los 135 días de bioensayo con una dieta que contiene 35% proteína cruda y 8% de lípidos.

**Cruz-Suárez et al. (1992)** reportaron que camarones (*P. monodon*) alimentados con raciones enriquecidas con harina de calamar mostraron fuertes diferencias dependiendo si los estudios fueron llevados a cabo en jaulas al aire libre o en tanques bajo techo; Los camarones cultivados en jaulas en estanques crecieron del 70-80% más rápido y presentaron una mejor tasa de conversión alimenticia (FCR de 2.2 para una dieta de referencia y 1.7 para la dieta suplementada con un 10% de harina de calamar) que aquellos cultivados en tanques (FCR de 3.4 para la dieta de referencia y 2.8 para la dieta con 10% de harina de calamar).

**Continuación Tabla 3.**

**Akiyama (1993)** reportó que los costos por ingredientes dietarios pueden ser reducidos en un 30-45% en camarones (*P. monodon*; densidad de siembra 10-19/m<sup>2</sup>) cultivados en estanques bajo sistema semi-extensivo, debido a la reducción en el nivel proteínico de la dieta (a un mínimo de 30% de proteína cruda) y una reducción de los niveles de fósforo y de vitaminas, esto se logró sin que existiera una reducción en el crecimiento o el desarrollo de los camarones; la producción y el FCA promedio 2.1 tm/ha/ciclo y 1.55 a una densidad de siembra de 10/m<sup>2</sup> y 3.5 tm/ha/ciclo y 1.59 a una densidad de siembra de 15/m<sup>2</sup>, respectivamente.

**Trino y Sarroza (1995)** no encontraron diferencia en el crecimiento, sobrevivencia o eficiencia de conversión alimenticia en camarones (*P. monodon*; con una densidad de siembra de 7.5/m<sup>2</sup>, y un peso inicial de 6 mg) cultivados en un sistema de cultivo extensivo modificado, y alimentados con una dieta peletizada de alta calidad (40-42% de proteína cruda, 7-9% lípidos), con o sin premezclas de vitaminas/minerales, durante un ciclo de cultivo de 120 días. Los complementos de vitaminas y minerales representaron el 20-30% del total de los costos de ingredientes alimenticios para camarón.

**Teichert-Coddington y Rodríguez (1995)** no reportaron diferencia en el crecimiento, sobrevivencia o rendimiento de producción de camarón (*P. vannamei*; con una densidad de siembra de 5 a 11/m<sup>2</sup>, peso inicial 0.3 a 1.9 g) cultivado en estanques de mareas alimentados con dietas con 20% o 40% de proteína cruda.

**Hopkins et al., (1995)** no reportaron diferencia en el crecimiento de camarones (*P. vannamei*; con una densidad de siembra de 39 a 78 postlarvas /m<sup>2</sup>) cultivados en estanques con fondo de plástico y sustrato de arena sin intercambio de agua y alimentados con dietas peletizadas con 20% o 40% de proteína cruda.

**Nunes et al. (1997)** reportaron que la biota natural del estanque es la responsable de aproximadamente fue de 75% de crecimiento de carbón del camarón cultivado en estanque (*P. subtilis*; densidad de siembra 10/m<sup>2</sup>) alimentado con una dieta peletizada con 41.1% de proteína cruda durante un período de ensayo de 60 días.

En general, la contribución de organismos naturales (flora y fauna) como alimento en el presupuesto nutricional total del cultivo de camarón en estanques / tanques al aire libre dependerá de una variedad de factores, incluyendo: 1) los hábitos alimenticios naturales de las especies, 2) densidad de siembra y biomasa cosechada, 3) características físicas y preparación / historia del estanque/ tanque, 4) condiciones climáticas, 5) calidad y manejo del agua, 6) fertilización de estanque y/o consumo de alimento balanceado, y 7) consecuentemente productividad natural del estanque y disponibilidad de alimento. Continuando con lo mencionado con antelación, la contribución de la biota del estanque sobre el presupuesto nutricional global del camarón cultivado será más alta a bajas densidades de siembra y al principio del ciclo de producción, cuando el total de la biomasa cosechada de camarón es más baja; la subsecuente disponibilidad y relativa contribución de la biota en el estanque disminuye sobre el curso del ciclo de producción con el incremento en la talla del crustáceo y biomasa cosechada (Allan y Maguire, 1992; Hunter, 1996; Lawrence y Lee, 1997; Moriarty y Pullin, 1987; Piedrahita y Giovannini, 1991; Tacon, 1996).



*2) La falta de información concerniente a los requerimientos nutricios del camarón bajo condiciones prácticas de cultivo, y la consecuente necesidad de determinar los requerimientos nutricios bajo condiciones tan similares como sea posible a las que se observan en una unidad de cultivo comercial y su medio ambiente, y junto con el desarrollo de alimentos y estrategias de alimentación afines al sistema de cultivo y a las necesidades del acuacultor más que únicamente los requerimientos nutricios del camarón, manufactura de alimentos o control oficial de alimentos, y la reducción de los costos de alimentación evitando la dosificación innecesaria de nutrientes, desechos de alimentos y contaminación.*

En el presente no existe, o existe muy poca información concerniente a los requerimientos nutricios del camarón bajo condiciones prácticas de cultivo en estanques; en la actualidad la mayoría de los estudios sobre requerimientos nutricios se han desarrollado en acuarios bajo condiciones controladas de laboratorio. La información generada de experimentos de alimentación bajo condiciones controladas de laboratorio puede ser útil para la formulación de alimentos nutritivos para larvas crecidas en laboratorios bajo techo, o para la formulación de alimento destinado al engorde de camarón cultivado bajo condiciones de agua clara y cultivo intensivo. Sin embargo esta información no puede ser directamente aplicada para la formulación de alimento destinado a cultivos de tipo extensivo y/o semi-intensivo, ya que en estos sistemas la productividad natural del estanque suministra un porción substancial de los nutrimentos requeridos por el camarón (esto también es aplicable a cultivos de tipo intensivo).

Por ejemplo, en 1997 se estimó que solamente 0.13 millones de hectáreas, o cerca del 10% del total de 1.3 millones de hectáreas actualmente dedicadas a la producción de camarón, fueron trabajadas como cultivo de tipo intensivo (por región: Hemisferio Oriental 10.4%, Hemisferio Occidental 0.5%), comparado con las 0.32 millones de hectáreas o 24.9% del total de hectáreas en producción las cuales fueron de tipo semi-intensivo (por región: Hemisferio Oriental 24.9%, Hemisferio Occidental– 50.4%), y 0.83 millones de hectáreas o 64.7% del total de hectáreas en producción de tipo extensivo (por región: Hemisferio Oriental 64.7%, Hemisferio Occidental– 49.1%; datos calculados de Rosenberry, 1997; Tabla 2).

Desafortunadamente, en ausencia de información publicada sobre los requerimientos nutricios de camarón en sistemas de cultivo en estanques, casi todos los alimentos acuícolas comerciales usados en cultivos EFS y SIFS, y menos extensivamente para IFS, son usualmente sobre-formuladas como dietas nutricionalmente completas sin tomar en cuenta la densidad de siembra del camarón empleada y la disponibilidad de alimento natural (Akiyama, 1993; Chamberlain, 1992; Lawrence, 1996a; Lawrence y Lee, 1997; Millamena y Trino, 1997; Tacon, 1996; Teichert-Coddington y Rodríguez, 1995; Trino y Sarroza, 1995). La situación antes mencionada es más complicada en aquellos países productores de camarón, en donde los estándares nutricios para los productores de alimento balanceado, incluyendo alimento para camarón, son impuestas por la legislación gubernamental a los granjeros y productores de alimento; los requerimientos impuestos por la legislación usualmente están basados en el uso completo de alimento y especificaciones nutricias obtenidas de ensayos hechos bajo condiciones de laboratorio, sin tomar en cuenta el tipo de cultivo y la densidad de siembra (Cruz, 1997; Djunaidah, 1995). Por ejemplo, en la Tabla 4 se muestran los estándares nutricios de un alimento balanceado para camarón utilizado en Filipinas. Evidentemente esta situación debe ser rectificada si los acuacultores desean reducir los costos de producción y maximizar el beneficio económico de sus sistemas de cultivo.

Tabla 4. *Patrones gubernamentales de nutrientes en alimentos para camarón en Filipinas. (1996).*

	<b>Proteína cruda (%, NLT)</b>	<b>Grasa cruda (%, NLT)</b>	<b>Fibra cruda (%, NMT)</b>	<b>Humedad (%, NMT)</b>	<b>Cenizas (%, NMT)</b>	<b>ELN (%, NLT)</b>
Pre-inicial	45	4	4	10	10	30
Inicial	40	4	4	10	10	30
Crecimiento	35	4	4	10	10	30
Termino	30	4	4	10	10	30

No más bajo de NLT, no más de NMT, ELN extracto libre de nitrógeno (Fuente: Cruz, 1997)

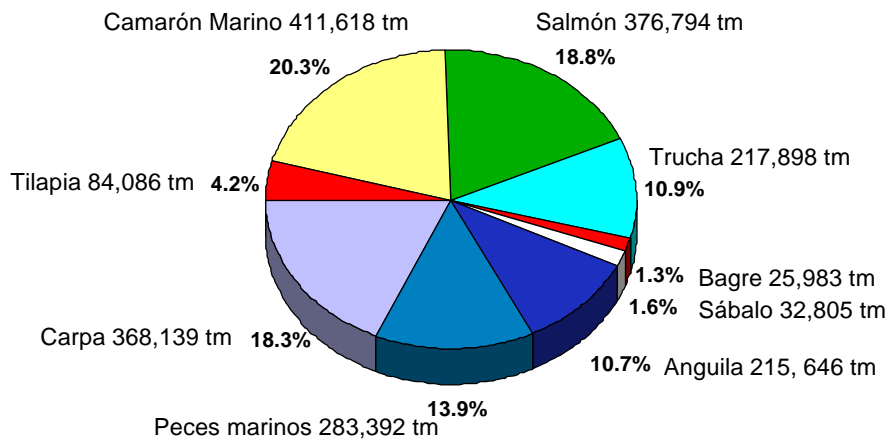
Basándose en lo anterior, si se desea considerar practicas y aplicables las conclusiones obtenidas de estudios de requerimientos nutricios y de alimentación, estos estudios deberán ser llevados a cabo bajo condiciones tan similares como sea posible a las condiciones del sistema de cultivo a utilizar, lo que incluye instalaciones de producción, técnicas de preparación de alimentos, métodos de alimentación, calidad de agua, fotoperíodo y densidad de siembra. Como ejemplo en la Tabla 5 se presentan los principales factores que deben ser considerados cuando se desea llevar a cabo experimentos de alimentación y/o de determinación de requerimientos nutricios de camarón.

*3) La necesidad del sector camaronicola de ser visto por parte de la comunidad y público en general como un colaborador real en el abasto de productos pesqueros y alimentos en general, y no como un consumidor de productos pesqueros de alto valor, como la harina de pescado y otras fuentes proteínicas de origen marino, lográndose esto a través del uso de fuentes proteínicas alternativas no útiles para el consumo humano.*

En la actualidad la camaronicultura depende completamente de la pesquería de organismos marinos como fuentes de proteína y lípidos de origen animal; la mayoría de los alimentos comerciales para camarón están compuestos en un 25-50% de productos pesqueros de origen marinos, como lo es la harina de pescado (nivel promedio 30%) y en menor proporción la harina de camarón, harina de calamar y el aceite de pescado (Devresse, 1996; Tacon & Akiyama, 1997). Por ejemplo, se estimó que el sector consumió alrededor de 411,618 tm de harina de pescado, o bien alrededor del 20.4% del total de la harina de pescado utilizada en la producción de alimento para peces y crustáceos en 1996 (Figura 2) basándose en estos altos niveles de inclusión no es de sorprenderse saber que el sector camaronicola consume más productos pesqueros que los que a su vez el sector produce; el consumo estimado de 411,618 tm (base seca) únicamente de harina de pescado por el sector es equivalente al uso de 2,058,090 tm de especie pelágicas (base húmeda; asumiendo un factor de conversión pelágico: harina de 5:1) para la producción de 914,706 tm (entero, base seca) de camarón durante 1996.

Tabla 5. Recomendaciones para la aplicación práctica de estudios nutricionales con crustáceos (Tacon, 1996).

1. Los experimentos deben ser dirigidos bajo condiciones lo más semejantes posibles a las unidades de producción de cultivo y su medio ambiente (ej. condiciones de cultivo), incluyendo instalaciones (tanques bajo techo o a cielo abierto, estanques, corrales o jaulas), técnica de preparación de alimento (molido, peletizado, secado; textura, forma, talla, flotabilidad y estabilidad en el agua), método de alimentación (manipulación, alimentación por demanda o automática; frecuencia alimenticia y tasa de alimentación –alimentación fija o a saciedad), calidad de agua (temperatura, turbidez, salinidad, oxígeno y concentración mineral; tasa de recambio de agua, patrón de circulación de agua y aireación artificial), fotoperíodo (artificial o natural) y densidad de siembra de crustáceos.
2. Durante los estudios de requerimientos nutricionales, los animales no deben ser alimentados bajo un régimen restringido sino que deben ser alimentados *ad libitum* o “a saciedad”, ya que un régimen de alimentación restringido introduce interacciones competitivas e incrementa la disparidad en la adquisición del alimento. Además, es esencial que experimentos con animales sean esto los que dicten su propia gestión de alimento, nutrientes, nivel de entrada y no el técnico en alimentación.
3. El crecimiento de los organismos bajo experimentación debe ser mayor, o al menos igual, al que presentan estos organismos bajo condiciones prácticas de cultivo, con lo que las determinaciones de requerimientos nutricios y las evaluaciones de dietas pueden llevarse a cabo bajo condiciones de máximo crecimiento. Además, los estudios de requerimientos de nutrientes deben tener una duración suficiente para que se observe al menos un incremento de 10 veces el peso del cuerpo.
4. Cuando se reporten formulaciones dietarias y resultados de estudios nutricios se deben de reportar una descripción completa que cada ingrediente utilizado, incluyendo el número internacional de ingredientes (International Feed Number IFN), la composición química y el tamaño de partícula utilizado.
5. Los estudios para determinar la digestibilidad de nutrientes deben garantizar que diferentes niveles de inclusión y tamaños de partícula de ingredientes sean evaluados, que las mediciones de digestibilidad estén separadas sobre la base del método empleado para la elaboración del alimento (ej. peletización en frío, peletizado convencional con vapor, y extrusión), y que los organismos experimentales sean alimentados a saciedad varias veces por día bajo condiciones ambientales similares a la de un cultivo. Además, también se recomienda que los esfuerzos de investigación sean enfocados sobre el desarrollo de técnicas simples, para la medición de digestibilidad por métodos *in-vitro* para la rápida estimación de digestibilidad de los nutrientes.
6. Solo en el caso de un sistema de cultivo semi-intensivo, es recomendable (además de la primera recomendación) que se lleven a cabo estudios con isótopos de la cadena alimenticia y estudios de modelaje de balance de nutrientes, esto para tener un mejor entendimiento de la dinámica del estanque y el estudio de la contribución nutricional de la flora y fauna natural en el presupuesto nutritivo global del estanque de cultivo.
7. Finalmente, para asegurar la aplicación y rápida transferencia de datos de investigación hacia los acuicultores, se recomienda que siempre que sea posible los experimentos de nutrición (basados en el uso de dietas prácticas) se lleven a cabo *in-situ* utilizando crustáceos representativos de cultivos, y los datos generados sean evaluados desde un punto de vista económico. También es recomendable llevar a cabo un análisis de la calidad de los organismos y estudios histológicos de manera rutinaria siempre que sea posible.



**Estimación Total de Harina de Pescado Usada en 1996-2,016,361 tm**

Figura 2. Estimación del uso de harina de pescado para alimentos acuícolas para el cultivo de peces y camarones en 1996.

Sin embargo, a pesar de el alto valor nutricional de la harina de pescado y otras fuentes marinas de proteínas para el cultivo de camarón, hay crecientes dudas concernientes a la disponibilidad y costo a largo plazo de estos ingredientes. El problema potencial ha sido destacado durante los años recientes con la llegada del fenómeno del Niño, el cual de acuerdo a algunas fuentes ha tenido como consecuencia una disminución en la producción de harina de pescado de 1.4 mtm de la temporada 1996-1997 (6.8 mtm de harina de pescado producida en 1996, en donde la acuicultura usó 2.0 mtm de esta o 29.6% del total; Tacon, 1998) a un estimado de 5.1-5.2 mtm para la temporada 1997-1998, representando el mas bajo rendimiento de harina de pescado en 15 años (Anon, 1998a, 1998b). Junto con los recientes incrementos en el precio de la harina y del aceite de pescado (1.4 mtm de aceite de pescado producido en 1996, en donde la acuicultura usó 0.58 mtm de este o 41.0% del total; Tacon, 1998) existe una gran preocupación referente a la sustentabilidad de los sistemas de cultivo basado en el uso de estos valiosos y finitos recursos pesqueros (Anon, 1997; Bailey, 1997), y en particular referente a la eficiencia y ética en el uso de estos recursos pesqueros como alimento para animales (incluyendo peces), en vez de ser utilizados como alimentos para humanos (Best, 1996; Hansen, 1996; Holmenkollen Guidelines, 1998; Pimentel *et al*, 1996; Rees, 1997).

4) La necesidad de los nutriólogos y formuladores de alimentos para considerar no solamente los requerimientos mínimos de nutrientes de camarón para lograr el máximo crecimiento y eficacia alimenticia, sino también el posible requerimiento dietético adicional para la reproducción, mantenimiento de óptima salud y resistencia a enfermedades bajo condiciones de cultivo comerciales.

En contraste a los sistemas de crianza bajo techo en tanques, en donde normalmente existen estrictos controles para mantener una óptima calidad de agua y un ambiente acuático estable (ej. condiciones similares bajo las cuales los requerimientos de nutrientes son usualmente determinados), el cultivo de camarón en el exterior en estanques de tierra o tanques están usual y continuamente expuestos y sujetos a variaciones de condiciones ambientales y estrés, debido a manipulación, fluctuación/deterioración de la calidad del agua y ambiente bentónico, o debido a brotes de enfermedades. Por lo tanto bajo esas variables bajo condiciones al aire libre, los requerimientos de nutrientes de estos organismos serán diferentes de aquellos animales cultivados con un ambiente más estable. Por ejemplo, hay una fuerte evidencia que sugiere que los requerimientos de camarón para ciertas vitaminas y nutrientes esenciales pueden ser altos (ej. por arriba de lo requerido para desarrollo y crecimiento normal) bajo estrés o condiciones ambientales adversas, para aumentar la inmunocompetencia y resistencia a las enfermedades, incluyendo el requerimiento de vitamina C (Boonyaratpalin, 1996; Kanazawa, 1996; Kurmaly y Guo, 1996; Chou, 1996), vitamina A (Pangantohon *et al.*, 1996), astaxantina (Kurmaly y Guo, 1996; Pangantohon *et al.*, 1996), ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga, fosfolípidos (Kanazawa, 1996), y casi indudablemente otras vitaminas y nutrientes (Bird, 1997; Dehasque *et al.*, 1998).

Además, a pesar de la escasa información disponible sobre los requerimientos nutricios de reproductores de camarón para maduración y producción de huevos/esperma (Alava *et al.*, 1993a, 1993b; Akiyama *et al.*, 1991; Chou, 1996; Harrison, 1997; Marsden *et al.*, 1997; Menasveta *et al.*, 1994; Millamena, 1996; Tirado *et al.*, 1998; Xu *et al.*, 1994), al igual que con todos los animales cultivados, sus requerimientos dietéticos (especialmente aquellos nutrientes íntimamente involucrados en el proceso de maduración) también serán elevados con respecto a lo requerido para el desarrollo y crecimiento normal.

*5) La necesidad de los nutriólogos y formuladores de alimentos para reconocer el papel potencial y el valor de aditivos alimentarios, tal como aminoácidos libres, enzimas libres, quimioattractantes, estimulantes alimenticios, probióticos, e inmunoestimulantes para el cultivo de camarón, y la consecuente necesidad para desarrollar tecnologías de aplicación práctica para su exitosa incorporación y uso dentro de alimentos acuícolas manufacturados.*

Existe un incremento en la presión nacional e internacional para desarrollar y usar alimentos y tecnologías más seguras y ambientalmente más limpias y sustentables, por lo tanto el uso de aditivos alimenticios ha cobrado una creciente importancia (Cuzon, 1996; Guerin, 1998). La mayoría de los aditivos alimenticios que pueden ser considerados bajo esta categoría incluyen:

**Aminoácidos libres:** usados solos o como mezcla, con el fin de reducir los niveles dietéticos de proteína y la excreción de nitrógeno, así como para superar las deficiencias dietéticas en aminoácidos, dando como resultado el reemplazo de harina de pescado, o bien como estimulantes alimenticios (Best y Gill, 1998; Chen y Chou, 1996; Chen *et al.*, 1992; Divakaran, 1994; Fox *et al.*, 1995; Guillaume, 1997; Koshio *et al.*, 1996; Swick, 1994);

**Enzimas alimenticias:** usadas solas o mezcladas con el fin de incrementar la digestibilidad de carbohidratos y minerales, y para reducir la pérdida de nutrientes al ambiente acuático, (Baldia, 1994; Buchanan *et al.*, 1997; Cuzon, 1996; Davis y Arnold, 1998; Divakaran y Velasco, 1998; Guerin, 1998);

**Quimioattractantes y/o estimulantes alimenticios:** usados para incrementar la palatabilidad del alimento y el estímulo de la ingestión del alimento (especialmente cuando se aplican a alimento con bajos niveles de fuentes de proteínas marinas), para incrementar la tasa de crecimiento (al reducir el tiempo durante el cual el alimento no es consumido, y por lo tanto minimiza la pérdida de nutrientes por lixiviación), y reducción en el desperdicio de alimentos (Cuzon, 1996; Janssen y Peschke-Koedt, 1996; Lee y Meyers, 1997; López *et al.*, 1998; Millamena, 1996).

**Probióticos:** el uso de microorganismos vivos (ej. bacterias y hongos) y/o sus productos procesados como suplemento dietarios o adicionados directamente al agua, con lo que se logra estabilizar y/o incrementar una comunidad microbiana saludable y apropiada dentro del sistema digestivo de los camarones, o bien dentro del sistema de cultivo, de esta manera se mejora el crecimiento, sobrevivencia y/o la resistencia a enfermedades de los organismos cultivados. (Austin *et al.*, 1995; Cuzon, 1996; Devresse *et al.*, 1997; Guzman, 1993; Intriago *et al.*, 1998).

**Immunoestimulantes:** utilizados para estimular los mecanismos de defensa inmune no específicos del camarón, y por lo tanto incrementan la resistencia a enfermedades (Cuzon, 1996; Devresse *et al.*, 1997; Heng y Guangyou, 1996; Itami, 1996; Itami *et al.*, 1996; Newman, 1995; Raa, 1992).

En conclusión, se debe precisar que el éxito de cada uno de los aditivos mencionados dependerá en gran medida del desarrollo exitoso y del uso de tecnologías y técnicas de aplicación apropiadas para su incorporación al alimento balanceado, incluyendo el desarrollo y uso de presentaciones de estos aditivos en forma protegida (para resistir las altas temperaturas de proceso, retraso en la ingestión o pérdida de nutrimentos por lixiviación), y aplicación de técnicas de post-peletizado.

*6) La necesidad de maximizar la eficiencia de utilización de nutrientes y de minimizar la pérdida de nutrientes y desperdicio de alimento a través del desarrollo y uso de formulaciones y técnicas de elaboración mejoradas;*

Existe una urgente necesidad de maximizar la eficiencia de utilización de nutrientes y de minimizar la pérdida de nutrientes y desperdicio de alimento resultantes de la desintegración del pelet, de la lixiviación de nutrimentos y/o la sobre-formulación, por medio del desarrollo y uso de técnicas de formulación mejoradas, incluyendo: 1) una mejor selección y utilización de ligantes o ingredientes alimentarios con atributos como ligantes y estabilidad en agua, (Cuzon, 1996; Cuzon y Gehin, 1998; Devresse, 1998; Dominy y Lim, 1991; Golez *et al.*, 1996; Lim y Cuzon, 1994), 2) la selección de ingredientes altamente digeribles sobre ingredientes con un alto contenido de material indigerible, ya sea en forma de fibra, carbohidratos complejos o cenizas (Cuzon y Gehin, 1998), 3) la selección y uso de aditivos alimentarios específicos o ingredientes con poder attractante o que estimulen la ingesta de alimento (ver la sección sobre aditivos descrita con antelación), 4) el establecimiento de los niveles de los principales nutrientes (ej. proteína cruda, lípidos, carbohidratos, energía) tomando como base al sistema de cultivo a utilizar, así como la densidad de siembra propuesta, en vez de niveles de requerimientos teóricos, evitando con esto una sobre-formulación (Lawrence, 1996a, 1996b; Lawrence y Lee, 1997; Tacon, 1996).

Aparte de las mejoras en la formulación de alimentos y del establecimiento de los niveles de nutrientes en la dietas, también existe la necesidad de maximizar la eficiencia de utilización de nutrientes y de minimizar la pérdida de nutrientes y desperdicio de alimento mediante el desarrollo y uso de técnicas mejoradas de elaboración de alimentos, las cuales incluyen: 1) el uso de técnicas de molido fino y de micro-pulverización, acondicionamiento prolongado a baja presión de vapor, post-acondicionamiento, y el uso de relaciones de compactación del dado de salida mas elevadas (25 o mayor) con lo que se mejoraría la estabilidad en agua de los alimentos, así como que se minimizará la desintegración de los pelets (Devresse, 1998; Lim y Cuzon, 1994; Obaldo *et al.*, 1998a; Tan y Dominy, 1997), 2) el uso de técnicas de extrusión por cocción como medida para incrementar la digestibilidad de nutrientes (hidrólisis y gelatinización del almidón, desnaturalización de proteínas), destrucción de compuestos anti-nutricionales (lectinas, antitripsina), inactivación de enzimas no deseadas (ureasa, peroxidasa, lipoxidasa, mirosinasa), destrucción de compuestos tóxicos (glucosinolatos, gossipol, aflatoxinas), destrucción de microorganismos (bacterias –salmolla, levaduras), mejoramiento de la calidad del aire (reducción de polvos), incremento en el desempeño de los animales (incremento en la ingesta de grasa, reducción en el desperdicio de alimento), y mejoramiento en la estabilidad de la dieta en el agua (Coelho, 1994; Kearns, 1993; Kiang, 1993; Obaldo *et al.*, 1998b; Riaz, 1997; Rokey y Huber, 1994), 3) desarrollo y mejoramiento de técnicas de recubrimiento pre y post-peletizado para la aplicación y/o protección de nutrimentos esenciales termosensibles (ej. vitaminas, pigmentos, enzimas, probióticos, atrayentes, lípidos, etc.) con lo que se maximiza la eficiencia de utilización de nutrientes y/o minimiza la pérdida de nutrientes por lixiviación, y 4) mejoramiento el tamaño, forma, densidad, dureza, contenido de humedad, textura y color óptimos de los alimentos peletizados, por lo que de este modo se producirá una máxima utilización de nutrientes y se minimizará el desperdicio de alimento.

*7) La posibilidad de que los ingredientes y alimentos, incluyendo a la flora y fauna natural del estanque, estén actuando como vectores para la introducción y transmisión de patógenos potenciales al sistema de cultivo, y la necesidad de reducir este riesgo a través del desarrollo y uso de técnicas apropiadas para el procesamiento y manufactura de alimento para lograr la destrucción de patógenos potenciales y contaminantes microbianos, y/o a través de la selección y uso de ingredientes no marinos libres de patógenos específicos (SPF);*

En vista a la alta proporción de harina de subproductos pesqueros que usualmente se incorporan a los alimentos para camarón (ej. harinas de pescado, camarón, cabeza de camarón, calamar, hígado de calamar, cangrejo, krill, etc.), y el frecuente uso organismos que en la naturaleza sirven como alimento, como suplementos alimentarios (peces, moluscos, anélidos, Artemia, etc. vivos, frescos o procesados) es posible que exista un riesgo de transmisión de enfermedades por el consumo de alimentos contaminados con patógenos (Camarena-Conchas *et al.*, 1998; Devresse *et al.*, 1997; Intriago *et al.*, 1996; Jory, 1995; Limsuwan, 1996; Merchie *et al.*, 1997; Supamattaya *et al.*, 1996).

En base a este riesgo, existe la necesidad real de salvaguardar al sector camaronicola a través del desarrollo y uso de sistemas de procesamiento apropiados, incluyendo técnicas de tratamiento térmico y de irradiación (Coelho, 1994; Said, 1996), o a través de la exclusión de ingredientes obtenidos de invertebrados marinos, los cuales pueden actuar como portadores de patógenos.

8) *La necesidad de reconocer que el éxito nutricional y económico de un alimento acuícola no depende solamente de su formulación, contenido de nutrientes y características físicas, sino también de otros factores tales como manejo en granja del alimento y prácticas de manejo del agua, incluyendo almacenamiento del alimento, método de alimentación, tasa de alimentación, calidad del agua, manejo del agua, sustrato del estanque, densidad de siembra del camarón, y disponibilidad natural del alimento.*

Contrario a los sistemas de producción de peces, los hábitos alimenticios únicos del camarón obligan a que el alimento permanezca en el agua por periodos de tiempo considerables antes de empezar a ser consumidos (en algunas ocasiones es de horas), y más frecuentemente cuando se alimenta en sistemas de cultivo de agua verde/turbia en donde no es posible observar el comportamiento alimenticio de los organismos cultivados. Por lo tanto, el éxito económico y biológico de un alimento balanceado dependerá en gran medida del desarrollo y uso de alimentos y técnicas de manejo de agua apropiados para los hábitos alimenticios de la especie y sistemas de producción establecidos (Chanratchakool *et al.*, 1995; Cruz, 1996; Jory, 1995; Lawrence, 1995, 1996b; Tacon, 1995).

Por ejemplo, existen aspectos que requieren de una particular atención y posterior mejoramiento como son el manejo en granja del alimento y el manejo del agua, que incluyen: 1) transporte y almacenamiento en granja del alimento, 2) criterios de selección para determinar la tasa de alimentación (cuantitativa) y la selección del método de aplicación, 3) frecuencia, regulación y monitoreo de la aplicación de alimento, 4) calidad del agua, incluyendo oxígeno disuelto y técnicas de oxigenación, 5) selección del sustrato del tanque/estanque y patrón de circulación e intercambio de agua, 6) comportamiento alimenticio del camarón y características en respuesta a diferentes densidades de siembra, sustratos de tanques/estanques, fotoperiodo/iluminación, unidad de producción del cultivo (ej. tanques, estanques o jaulas), y disponibilidad natural de alimento.

9) *La necesidad de cerrar el ciclo de vida del camarón cultivado y la dependencia del sector sobre semilla y reproductores silvestres, a través del desarrollo y uso de técnicas mejoradas de procesamientos y fabricación de alimentos para larvas, crianza y reproductores.*

En contraste con la mayor parte de los sistemas de cultivo para peces y crustáceos de agua dulce, el cultivo de camarón marino sigue dependiendo de la captura en el medio silvestre de reproductores y/o de semilla/larvas. Sin embargo, como en el caso del uso de invertebrados como alimento, existe el riesgo de introducción y transmisión de enfermedades por el empleo de animales silvestres contaminados con patógenos (Opitz, 1998; Pruder, 1994; Subasinghe y Barg, 1996).

Aparte de la obvia necesidad de cultivar y mantener lotes de camarones "libres de patógenos específicos" o "altamente saludables" y de contar con centros de acopio para la producción y distribución de reproductores y larvas libres de enfermedades para los camaricultores (Rosenberry, 1997; Pruder, 1994), también es necesario que técnicas apropiadas de proceso y manufactura sean desarrolladas para la producción de alimentos artificiales, económicos y efectivos, para larvas y reproductores, incluyendo técnicas mejoradas como la micro-encapsulación, micro-ligados o producción de hojuelas para el caso de alimento para larvas (Jones *et al.*, 1997; Teshima *et al.*, 1993), y el mejoramiento en las técnicas de peletización/extrusión para el caso de alimentos de mantenimiento y de reproducción (Harrison, 1997).



*10) La necesidad del sector productor de alimentos acuícolas para proteger, tanto a su industria como a sus consumidores (clientes), a través del desarrollo y uso de códigos o guías nacionales o internacionales de "Buenas Practicas de Fabricación de Alimento Acuícola" y "Buenas Practicas de manejo de alimento en Granja";*

Conforme se intensifican los sistemas de cultivo y los requerimientos de alimento balanceado se incrementan, se va haciendo necesario que la fabricación de los alimentos se lleve a cabo siguiendo los estándares básicos establecidos, nacional o internacionalmente, con el fin de proteger al camaricultor contra fabricantes sin escrúpulos, así como proteger la imagen y salud global de la industria de alimentos y a sus empleados. Por lo tanto, antes de que el fabricante de alimentos siga las reglas y regulaciones nacionales y/o internacionales básicas según las cuales el sector debe operar, la industria de alimentos para acuicultura debe preparar sus propias guías y códigos. Estas guías y códigos deben cubrir los aspectos de fabricación y manejo en granja del alimento.

Por ejemplo, como inicio Stephen-Hassard (1998) recientemente preparó un trabajo titulado 'Guías técnicas para buenas practicas en la fabricación de alimentos acuícolas' para el Departamento de Pesquerías de la FAO; lo anterior fue solicitado por la FAO tomando como base al Artículo 9 del Código de Conducta para la Pesquería Responsable (CCRF Code of Conduct for Responsible Fisheries; FAO, 1997), y en particular en base al Artículo 9.4.3 del CCRF concerniente a la selección y uso de alimentos y aditivos. El diseño técnico de estas guías cubren puntos desde la compra de ingredientes, procesamiento, almacenamiento a granel, manejo, monitoreo y documentación, así como también puntos como capacitación y seguridad para empleados, relaciones con los consumidores y la entrega de bienes terminados al acuicultor. El principal objetivo de estas guías es el estimular la adherencia a las Buenas Practicas de Manufactura (Good Manufacturing Practice GMP) durante la obtención, manejo, almacenamiento, proceso y distribución de alimentos acuícolas para el cultivo de peces y crustáceos. Además, a pesar de que no han sido preparadas guías sobre Buenas Practicas de Manejo de Alimento en Granja, el énfasis debe ser puesto sobre el papel crítico y la responsabilidad de los fabricantes de alimentos sobre el desarrollo y provisión de alimentos y regímenes de manejo de alimento en granja apropiados, incluyendo programas de soporte para los acuicultores (Tacon *et al.*, 1998).

*11) La necesidad de los nutriólogos y acuicultores de reconocer el importante papel que desempeñan los microorganismos en el mantenimiento de la productividad, estabilidad y salud de ecosistemas acuáticos, incluyendo estanques o unidades de producción de tanques, no solo en su función como fuente de nutrimentos para el camarón bajo cultivo sino también en su función en el tratamiento de desechos biológicos en la guarición y remoción de desechos fecales potencialmente tóxicos y metabolitos del agua.*

Como en los ecosistemas terrestres, los micro-organismos juegan un papel clave en el mantenimiento de la salud y estabilidad de ecosistemas acuáticos, incluyendo ecosistemas acuáticos basados en estanques y tanques. Por ejemplo, aparte de su papel como fuente directa de nutrientes para el camarón cultivado (ver 1. arriba), los microorganismos juegan un papel esencial en la guarición y/o remoción de sustancias/nutrientes potencialmente tóxicas de la columna de agua y del bentos, incluyendo desechos fecales de camarón y metabolitos. Esto último es particularmente importante dentro de ecosistemas basados en estanques y en ecosistemas basados en tanques con agua estática (Bratvold y Browdy, 1998; Moriarty, 1997).

Por lo tanto se debe poner especial atención a técnicas de manejo de agua en granja encaminadas a maximizar el crecimiento y efectividad de los microorganismos “amigables” o “benéficos” (sin afectar negativamente el crecimiento y la salud de los camarones bajo cultivo) incluyendo el desarrollo adicional y uso de 1) mejoramiento en la oxigenación, circulación de agua y técnicas de recambio de agua (Avnimelech, 1998; Chamberlain and Hopkins, 1994; Holloway *et al.*, 1998; Hopkins *et al.*, 1995; Sandifer *et al.*, 1996; Velasco *et al.*, 1998; Ziemann *et al.*, 1998), 2) mejoramiento en el diseño de estanques y tanques para el crecimiento del camarón y para el tratamiento de efluentes (Al Ameer y Cruz, 1998; Lee *et al.*, 1996; Pruder *et al.*, 1992; Turk *et al.*, 1998; Velasco y Conquest, 1998), y 3) mejoramiento en las técnicas de manejo del bentos/sustrato incluyendo técnicas de fertilización/siembra y de policultivo/intercosecha (Akiyama y Anggawati, 1998; Allan *et al.*, 1995; Daniels, 1998; Queiroz, 1998).

## **Conclusiones**

Basándose en las tendencias y retos globales antes mencionados, el esfuerzo de investigación concerniente al desarrollo de alimento para camarón debe de ser conducido de una manera multidisciplinaria y holística para ser efectivamente práctica; el éxito nutricional y económico de un alimento acuícola no solo depende de sus características nutricias y físicas, sino también depende de las prácticas de manejo de alimento en granja, manejo de agua y del manejo del camarón. Por ejemplo, en la figura 3 se destaca la guía filosófica y multidisciplinaria de investigación propuesta y empleada por el Programa de Nutrición Acuícola y Desarrollo de Alimentos (ANFDP) del Instituto Oceánico en un proyecto de 5 años (fundado por el Departamento de Agricultura de EU, Servicio de Investigación Agrícola) concerniente al desarrollo de alimento para camarón, y en particular el desarrollo de tecnología y manejo de alimento de segunda generación.

El objetivo a largo plazo de ANFDP es el soporte y asistencia al sector acuícola en los Estados Unidos y en la comunidad internacional a través del desarrollo y diseminación de nuevos y mejorados/apropiados alimentos y tecnologías de alimentación, así como el asegurar el continuo crecimiento y desarrollo sustentable del sector. Para lograr esto, el principal empuje del ANFDP deberá ser el llevar a cabo investigación y desarrollo, tanto del aspecto básico como aplicado, en la nutrición acuícola, proceso y manufactura de alimentos, y prácticas de manejo de alimento en granja (Figura 4). La meta principal de este programa es el incrementar la base del conocimiento científico en nutrición acuícola, así como el desarrollo de alimentos y procesos asociados, tecnologías de manufactura y alimentación para la diseminación al acuicultor e industria relacionadas al alimentos las cuales son nutricionalmente ajustadas y ajustadas a la especie y sistema de cultivo a utilizar, pero los cuales son al mismo tiempo económicamente viables y compatible ambientalmente con el desarrollo sustentable del sector.

## **Agradecimientos:**

Este trabajo fue preparado como parte de las actividades del proyecto II `Alimentos para acuicultura tropical y desarrollo de tecnologías de cultivo: Desarrollo de alimentos para camarón financiado por el Instituto Oceánico del Departamento de Agricultura, Servicio de Investigación de Agricultura, de los Estados Unidos de Norte América bajo el acuerdo No. 59-5320-7-989

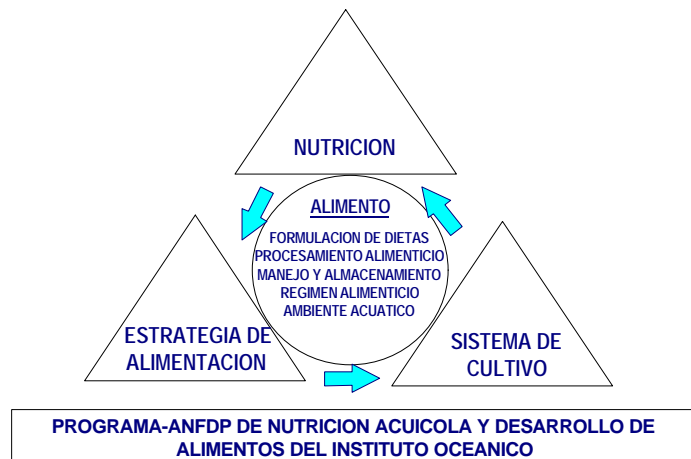
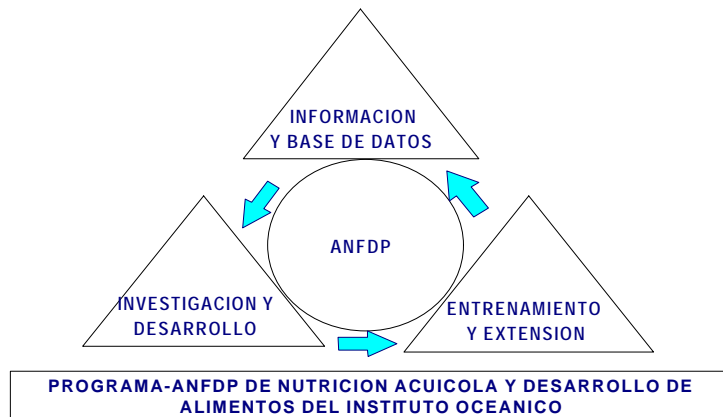


Figura 3. Guía filosófica y multidisciplinaria de investigación propuesta y empleada para nutrición acuícola y el programa desarrollo alimenticio (ANFDP) del instituto oceánico.

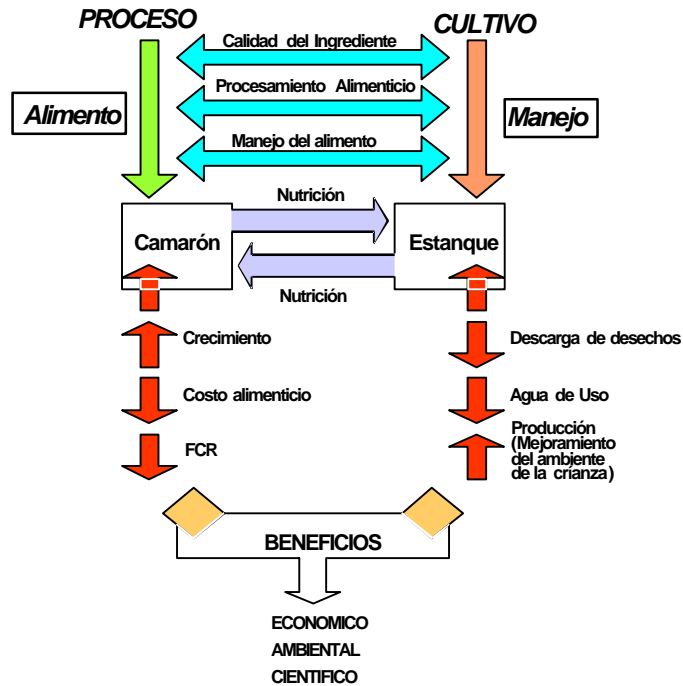


Figura 4. Tecnología para camarón de segunda generación

## Referencias:

- Akiyama, D.M.**, 1993. Semi-extensive shrimp farm management. ASA Technical Bulletin, MITA(P) No. 518/12/92, Vol. AQ 38 1993/3, American Soybean Association, Singapore, 20 pp.
- Akiyama, D.M. and A.M. Anggawati**, 1998. Growing tilapia with shrimp production, tended to improve pond conditions. *Aquaculture Asia*, III(2):18-19.
- Akiyama, D.M., Dominy, W.G. and Lawrence, A.L.**, 1991. Penaeid shrimp nutrition for the commercial feed industry: revised. In: D.M. Akiyama and R.K.H. Tan, (Editors), *Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop, Thailand and Indonesia September 19-25, 1991*. American Soybean Association, Singapore, pp. 80-98.
- Al Ameer, A.A. and E.M. Cruz**, 1998. Effect of sand substrate on growth and survival of *Penaeus semisulcatus* De Haan juveniles. Paper presented at the International Triennial Conference and Exposition of the World Aquaculture Society, National Shellfish Association, and American Fisheries Society. Las Vegas, Nevada, USA. 15-19 February 1998 (Book of Abstracts, pp 12).
- Alava, V.R., Kanazawa, A., A-I. Teshima and S. Koshio**, 1993a. Effect of dietary phospholipids and n-3 highly unsaturated fatty acids on ovarian development of Kuruma prawn. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59(2):345-351.
- Alava, V.R., Kanazawa, A., A-I. Teshima and S. Koshio**, 1993b. Effect of dietary L-ascorbyl-2-phosphate magnesium on gonadal maturation of *Penaeus japonicus*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59(4):691-696.

- Allan, G.L. and G.B. Maguire**, 1992. Effects of stocking density on production of *Penaeus monodon Fabricius* in model farming ponds. *Aquaculture*, 107:49-66.
- Allan, G.L., D.J.W. Moriarty and G.B. Maguire**, 1995. Effects of pond preparation and feeding rate on production of *Penaeus monodon Fabricius*, water quality, bacteria and benthos in model farming ponds. *Aquaculture*, 130:329-349.
- Anderson, R.K., Parker, P.L. and Lawrence, A.L.**, 1987. A <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C tracer study of the utilization of presented feed by a commercially important shrimp *Penaeus vannamei* in a pond growout system. *J.World Aquacult.Soc.* 18: 148-155.
- Anon**, 1997. Diet from renewable source. *Fish Farming International*, 24(9):43.
- Anon**, 1998a. Facts & Figures: Fishmeal: supply tightness. *Oil World*, 41(7):15. 13 February 1998.
- Anon**, 1998b. Facts & Figures: Fishmeal production plunging. *Oil World*, 41(13): 27 March 1998.
- Austin, B., L.F. Stuckey, P.A. Robertson, I. Effendi and D.R.W. Griffith**, 1995. A probiotic strain of *Vibrio alginolyticus* effective in reducing diseases caused by *Aeromonas salmonicida*, *Vibrio anguillarum* and *Vibrio ordalii*. *Journal of Fish Diseases*, 18:93-96.
- Avnimelech, Y.**, 1998. Minimal discharge from intensive fish ponds. *World Aquaculture*, 29(1):32-37
- Bailey, C.**, 1997. Aquaculture and basic human needs. *World Aquaculture*, 28(3):28-31.
- Baldia, J.P.**, 1994. The effect of enzymes, vitamins, mineral premix and fish oil on the growth and survival of shrimps (*Penaeus monodon Fab.*) reared in ponds and under semi-controlled conditions, pp.709-712. In: Chou, L.M., A.D. Munro, T.J. Lam, T.W. Chen, L.K.K. Cheong, J.K. Ding, K.K. Hooi, V.P.E. Phang, K.F. Shim and C.H. Tan (eds). 1994 The Third Asian Fisheries Forum, Asian Fisheries Society, Manila, Philippines 1135p.
- Best, P.**, 1996. Focus on feed: should fish meal be cowed by the ethics of environmentalism? *Feed International*, 17(8),4 p.
- Best, P. and C. Gill**, 1998. Booming: amino acid sales. *Feed International*, 19(1):72-74.
- Bird, J.N.**, 1997. Vitamin supplements revised. *Feed Milling International*, March 1997, pp.10-13.
- Boonyaratpalin, M.**, 1996. Nutritional requirements of commercially important shrimps in the tropics, pp10-28. In: Santiago, C.B., Coloso, R.M., Millamena & Borlongan, I.G. (eds), *Feeds for Small-Scale Aquaculture. Proceedings of the National Seminar-Workshop on Fish Nutrition and Feeds*. Tigbauan, Iloilo, Philippines, 1-2 June 1994. Southeast Asian Fisheries Development Center, Iloilo, Philippines.
- Bostock, T.**, 1991. Better feeds for small-scale shrimp farmers. *Bay of Bengal News*, 42: 22-26 pp.
- Bratvold, D. and C.L. Browdy**, 1998. Pond soil microbiology. Paper presented at the International Triennial Conference and Exposition of the World Aquaculture Society, National Shellfish Association, and American Fisheries Society. Las Vegas, Nevada, USA. 15-19 February 1998 (Book of Abstracts, pp. 66).
- Buchanan, J., H.Z. Sarac, D. Poppi and R.T. Cowan**, 1997. Effects of enzyme addition to canola meal in prawn diets. *Aquaculture*, 151:29-35.
- Cam, D., Rollet, P.-E., Mariotti, A. and Guillaume, J.**, 1991. Contribution relative de la productivite naturelle et del'aliment compose dans la nutrition de *Penaeus japonicus* eleve en conditions semi-intensives. *Aquat.Living Resour.*, 4: 175-180.
- Camarena-Conchas, M., D. Ricque-Marie, L.E. Cruz-Suárez, S. Quiros-Bustos and M.G. Alanis-Guzmán**, 1998. Effect of shrimp heads coextruded with hard wheat or sorghum on the blue shrimp *Penaeus stylirostris* performance. Paper presented at the VIII International Symposium on Nutrition and Feeding of Fish: Recent Advances in Finfish and Crustacean Nutrition, Las Palmas, Gran Canaria, Spain. 1-4 June 1998 (Book of Abstracts, pp. 141).
- Castille, F.L. and Lawrence, A.L.**, 1989. The effects of deleting dietary constituents from pelleted feeds on the growth of shrimp in the presence of natural foods in ponds *J.World Aquacult.Soc.*, 20: 22A (abstract).
- Chamberlain, G.**, 1992. Shrimp culture in Indonesia - 4. Feeds for the shrimp industry. *World Aquacult.*, 23: 38-40.
- Chamberlain, G.W. and J.S. Hopkins**, 1994. Reducing water use and feed cost in intensive ponds. *World Aquaculture*, 25(3):29-32.
- Chanratchakool, P., J.F. Turnbull, S. Funge-Smith and C. Limsuwan**, 1995. Health management in shrimp ponds. Aquatic Animal Health Research Institute, Kasetsart University Campus, Bangkok, Thailand, 111p.

- Chen, H.-Y., Y.-T. Leu and I. Roelants**, 1992. Quantification of arginine requirements of juvenile marine shrimp *Penaeus monodon*, using microencapsulated arginine. *Marine Biology*, 114:229-233.
- Chen, H.Y. and W.R. Chou**, 1996. Absorption and metabolism of dietary L-(1-13C) methionine by the grass shrimp *Penaeus monodon*. Paper presented at the VII International Symposium on Nutrition and Feeding of Fish. 11-15 August 1996, College Station, Texas (In Press).
- Chou, R.**, 1996. Recent developments in marine shrimp and fish nutrition. Paper presented at the Victam Asia Conference, 14-15 November 1996, Bangkok, Thailand, pp.9-42.
- Coelho, M.B.**, 1994. Ecological nutrition: a costly or smart move? *Feedstuffs*, 66(25): 13.
- Corpron, K.E. and R. Chandran**, (1998). Aquaculture production and feeds in India: just getting started? *International AquaFeed Magazine*, Vol 2:8-11.
- Cuzon, G.**, 1996. Developments in Asian aquafeed additives, pp. 113-124. Paper presented at the Victam Asia Conference: Feed production on the threshold of the new age. Bangkok, Thailand, 14-15 November 1996. Victam International, Leiden, The Netherlands.
- Cuzon, G. and B. Gehin**, 1998. Wheat gluten a strategic protein for aquafeeds in the 21st century? Paper presented at the VIII International Symposium on Nutrition and Feeding of Fish: Recent Advances in Finfish and Crustacean Nutrition, Las Palmas, Gran Canaria, Spain. 1-4 June 1998 (Book of Abstracts, pp. 142).
- Cruz, P.S.**, 1996. Feed quality problems and management strategies, pp. 64-73. In: Santiago, C.B., Coloso, R.M., Millamena & Borlongan, I.G. (eds), *Feeds for Small-Scale Aquaculture. Proceedings of the National Seminar-Workshop on Fish Nutrition and Feeds*. Tigbauan, Iloilo, Philippines, 1-2 June 1994. Southeast Asian Fisheries Development Center, Iloilo, Philippines.
- Cruz, P.**, 1997. Aquaculture feed and fertilizer resource atlas of the Philippines. FAO Fisheries Technical Paper No. 366, FAO, Rome, 259p.
- Cruz-Suárez, E.L., Ricque, D. and Aquacop.**, 1992. Effect of squid meal on growth of *Penaeus monodon* juveniles reared in pond pens and tanks. *Aquaculture*, 106: 293-299.
- Daniels, H.V.**, 1998. Present practices and future needs for shrimp pond bottom management. Paper presented at the International Triennial Conference and Exposition of the World Aquaculture Society, National Shellfish Association, and American Fisheries Society. Las Vegas, Nevada, USA. 15-19 February 1998 (Book of Abstracts, pp. 134).
- Davis, D.A. and C.R. Arnold**, 1998. Apparent protein digestibility coefficients for *Penaeus vannamei* offered diets supplemented with an acidifying agent or a general protease. Paper presented at the International Triennial Conference and Exposition of the World Aquaculture Society, National Shellfish Association, and American Fisheries Society. Las Vegas, Nevada, USA. 15-19 February 1998 (Book of Abstracts, pp.135).
- Dehasque, M., G. Merchie, P. Bridson and D. Jones**, 1998. Evaluation of stresspak for *Penaeus indicus* postlarvae. Paper presented at the VIII International Symposium on Nutrition and Feeding of Fish: Recent Advances in Finfish and Crustacean Nutrition, Las Palmas, Gran Canaria, Spain. 1-4 June 1998 (Book of Abstracts, pp. 102).
- Devresse, B.**, 1996. Shrimp feed formulation. *Feed Milling International*, 190(9):24-26.
- Devresse, B.**, 1998. Production of water stable shrimp feeds: how to solve the problem? Paper presented at the International Triennial Conference and Exposition of the World Aquaculture Society, National Shellfish Association, and American Fisheries Society. Las Vegas, Nevada, USA. 15-19 February 1998 (Book of Abstracts, pp. 143).
- Devresse, B., M. Dehasque, J. Van Assche and G. Merchie**, 1997. Nutrition and health, pp.35-66. In: Tacon, A. and B. Basurco (eds), *Feeding Tomorrow's Fish. Cahiers options Méditerranéennes Vol.22*. Institut Agronomique Méditerranéen de Zaragoza (CIHEAM), Zaragoza, Spain.
- Divakaran, S.** 1994. An evaluation of polyamino acids as an improved amino acid source in marine shrimp (*Penaeus vannamei*) feeds. *Aquaculture*, 128:363-366.
- Divakaran, S. and M. Velasco**, 1998. Effect of proteolytic enzyme addition to a soybean meal-based feed on growth of shrimp, *Penaeus vannamei*. Paper presented at the VIII International Symposium on Nutrition and Feeding of Fish: Recent Advances in Finfish and Crustacean Nutrition, Las Palmas, Gran Canaria, Spain. 1-4 June 1998 (Book of Abstracts, pp. 89).
- Djunaidah, I.S.**, 1995. Aquafeeds and feeding strategies in Indonesia, pp.255-281. New, M.B., A.G.J. Tacon & I. Csavas (eds), *Farm-made Aquafeeds*. FAO Fisheries Technical Paper No.343, FAO, Rome.

- Dominy, W.G. and Lim, C.,** 1991. Performance of binders in pelleted shrimp diets, pp.149-157. In: Akiyama, D.M. and R.K.H. Tan (eds), Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop, Bangkok (Thailand) and Jakarta (Indonesia), September 1991. American Soybean Association, Singapore.
- FAO** (Food and Agriculture Organization of the United Nations, Fisheries Department, 1997). Aquaculture development. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries.No.5. Rome, FAO. 40p.
- FAO,** 1998. FAO Fishery Information, Data and Statistics Unit. Aquaculture production statistics1987-1996. FAO Fisheries Circular No.815, Rev.10. Rome, FAO, 197p.
- Fox, J.M., E.Li-Chan and A.L. Lawrence,** 1995. Carodiimide-mediated covalent attachment of lysine to wheat gluten and its apparent digestibility by penaeid shrimp. Journal of the Agricultural and Food Chemistry, 43:733-73.
- Golez, N.V., P.S. Eusebio and L.A. Jimenez,** 1996. Evaluation of some locally available materials as binders in diets for *Penaeus monodon* juveniles. Paper presented at the Second International Conference on the Culture of Penaeid Prawns and Shrimp. Iloilo City, Philippines, 14-17 May 1996 (In Press).
- Guerin, M.,** 1998. Future role and perspectives of feed additives and biotechnologies in aquafeeds: helping the industry move toward sustainable development. Paper presented at the International Triennial Conference and Exposition of the World Aquaculture Society, National Shellfish Association, and American Fisheries Society. Las Vegas, Nevada, USA. 15-19 February 1998 (Book of Abstracts, pp. 217).
- Guillaume, J.,** 1997. Protein and amino acids, pp.26-50. In: Crustacean Nutrition, Advances in World Aquaculture, Volume 6. World Aquaculture Society, Baton Rouge, USA.
- Guzmán, G.A.,** 1993. Aplicación de probióticos en la acuicultura, pp.321-328. In: L.E. Cruz-Suárez, D.Ricque-Marie and R.M. Alfaro (eds), Memorias de Primer Simposium Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos para Acuicultura. Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- Hansen, P,** 1996. Food uses of small pelagics. INFOFISH International, 4:46-52.
- Harrison, K.E.,** 1997. Broodstock nutrition and maturation diets, pp.390-408. In: Crustacean Nutrition, Advances in World Aquaculture, Volume 6. World Aquaculture Society, Baton Rouge, USA.
- Haryanti and K. Sugama,** 1996. Preliminary study on the use of bacteria as biocontrol for rearing of *Penaeus monodon* larvae. Paper presented at the Second International Conference on the Culture of Penaeid Prawns and Shrimp. Iloilo City, Philippines, 14-17 May 1996 (In Press).
- Heng, L. and L. Guangyou,** 1996. The antidisease effect of immunopolysaccharide as food additive on the penaeid shrimp *Penaeus vannamei* Boone, 1931. Paper presented at the Second International Conference on the Culture of Penaeid Prawns and Shrimp. Iloilo City, Philippines, 14-17 May 1996 (In Press).
- Holloway, J.D., J.R. Richardson II, J.S. Hopkins and C.L. Browdy,** 1998. Results of a no-water exchange management strategy utilizing new and recycled water from the intensive culture of marine shrimp. Paper presented at the International Triennial Conference and Exposition of the World Aquaculture Society, National Shellfish Association, and American Fisheries Society. Las Vegas, Nevada, USA. 15-19 February 1998 (Book of Abstracts, pp. 247).
- Holmenkollen Guidelines.,** 1998. Homenkollen guidelines for sustainable aquaculture. In: Sustainable Aquaculture, Proceedings of the Second International Symposium on Sustainable Aquaculture, Oslo, Norway, 2-5 November, 1997. A.A.Balkema, Rotterdam/Brookfield (In Press).
- Hopkins, J.S., P.A. Sandifer and C.L. Browdy,** 1995. Effect of two feed protein levels and feed rate combinations on water quality and production of intensive shrimp ponds operated without water exchange. Journal of the world Aquaculture Society, 26(1):93-97.
- Hunter, B.,** 1996. Nutritional complementation of natural and applied feeds in intensive and semi-intensive shrimp ponds, pp.82-96. In: Hunter, B. (editor), The 3rd Roche Aquaculture Centre Conference on Nutrition and Disease, 12 December 1996, Siam Inter-Continental Hotel, Bangkok.
- Intriago, P., E. Krauss and R. Barnio,** 1998. The use of yeast and fungi as probiotics in *Penaeus vannamei* larviculture. Paper presented at the International Triennial Conference and Exposition of the World Aquaculture Society, National Shellfish Association, and American Fisheries Society. Las Vegas, Nevada, USA. 15-19 February 1998 (Book of Abstracts, pp 263).

- Intriago, P., R. Jimenez, M. Machuca, R. Barniol, E. Krauss and X. Salvador**, 1996. Survival and concentration of biogenic amines in *Penaeus vannamei* juveniles fed on different concentrations of Taura syndrome shrimp. Paper presented at the 1996 Annual Meeting of the World Aquaculture Society, 29 January to 2 February 1996, Bangkok, Thailand (Book of Abstracts, pp.175).
- Itami, T.**, 1996. Vaccination and immunostimulation in shrimp. Paper presented at the Second International Conference on the Culture of Penaeid Prawns and Shrimp. Iloilo City, Philippines, 14-17 May 1996 (In Press).
- Itami, T., M. Kondo and Y. Takahashi**, 1996. Enhancement of disease resistance of Kuruma prawn, *Penaeus japonicus* after oral administration of peptidoglycan. Paper presented at the Second International Conference on the Culture of Penaeid Prawns and Shrimp. Iloilo City, Philippines, 14-17 May 1996 (In Press).
- Janssen, J.A.J. and M. Peschke-Koedt**, 1996. The role of protamino aqua, a meat soluble, in shrimp feed. Paper presented at the Second International Conference on the Culture of Penaeid Prawns and Shrimp. Iloilo City, Philippines, 14-17 May 1996 (In Press).
- Jones, D.A., Yule, A.B. and D.L. Holland**, 1997. Larval nutrition, pp.353-389. In: Crustacean Nutrition, Advances in World Aquaculture, Volume 6. World Aquaculture Society, Baton Rouge, USA.
- Jory, D.E.**, 1995. Feed Management practices for a healthy pond environment. Paper presented at the Annual Meeting of the World Aquaculture Society, San Diego, California, February 1995.
- Kanazawa, A.**, 1996. Shrimp nutrition. Paper presented at the 1996 Annual Meeting of the World Aquaculture Society, 29 January to 2 February 1996, Bangkok, Thailand (Book of Abstracts, pp.191-192).
- Kearns, J.P.**, 1993. Método wenger para la extrusión de alimentos acuícolas, pp. 431-464. In: L.E. Cruz-Suárez, D.Ricque-Marie and R.M. Alfaro (eds), Memorias de Primer Simposium Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos para Acuicultura. Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- Kiang, M-J.**, 1993. La extrusión como herramienta para mejorar el valor nutritivo de los alimentos, pp. 415-429. In: L.E. Cruz-Suárez, D.Ricque-Marie and R.M. Alfaro (eds), Memorias de Primer Simposium Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos para Acuicultura. Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- Koshio, S., S. Teshima and A. Kanazawa**, 1996. Effect of supplemental methionine and lysine on Kuruma prawn *Penaeus japonicus* larvae. Paper presented at the Second International Conference on the Culture of Penaeid Prawns and Shrimp. Iloilo City, Philippines, 14-17 May 1996 (In Press).
- Kurmaly, K. and F.C. Guo**, 1996. Effect of environmental stressors; high ammonia, low dissolved oxygen and low temperature shock, on vitamin C and astaxanthin content of shrimp tissues. Paper presented at the 1996 Annual Meeting of the World Aquaculture Society, 29 January to 2 February 1996, Bangkok, Thailand (Book of Abstracts, pp.207-208).
- Lawrence, A.L.**, 1995. Development of 'environmentally friendly' shrimp feeds and feed management strategies. Paper presented at the III Congreso Ecuatoriano de Acuicultura, 27 October to 1 November 1998 (Book of Abstracts, pp. 39).
- Lawrence, A.L.**, 1996a. Shrimp feeds: match diet to production system. Feed International, 17(8):18-22.
- Lawrence, A.**, 1996b. Feed quality and feed management standards for environmentally sound aquaculture. Paper presented at the 1996 Annual Meeting of the World Aquaculture Society, 29 January to 2 February 1996, Bangkok, Thailand (Book of Abstracts, pp.215).
- Lawrence, A.L. and P.G. Lee**, 1997. Research in the Americas, pp.566-587. In: Crustacean Nutrition, Advances in World Aquaculture, Volume 6. World Aquaculture Society, Baton Rouge, USA.
- Leber, K.M. and Pruder, G.D.**, 1988. Using experimental microcosms in shrimp research: the growth enhancing effect of shrimp pond water. J.World Aquacult.Soc., 19: 197-203.
- Lee, P.G. and S.P. Meyers**, 1997. Chemoattraction and Feeding Stimulation, pp.292-352. In: Crustacean Nutrition, Advances in World Aquaculture, Volume 6. World Aquaculture Society, Baton Rouge, USA.
- Lee, R.F., C. Browdy, H.W. Paerl, J.L. Pinckney, J. Bender and P. Phillipis**, 1996. Microbial mats as filters for wastes from fish and shrimp ponds. Paper presented at the 1996 Annual Meeting of the World Aquaculture Society, 29 January to 2 February 1996, Bangkok, Thailand (Book of Abstracts, pp. 219).



- Lim, C. and Cuzon, G.**, 1994. Water stability of shrimp pellets: A review. *Asian Fish.Sci.*, 7: 115-127.
- Limsuwan, C.**, 1996. Intensive shrimp pond management in Asia. Paper presented at the 1996 Annual Meeting of the World Aquaculture Society, 29 January to 2 February 1996, Bangkok, Thailand (Book of Abstracts, pp.229).
- Lopez, C., M. Velasco, J.P. Hinrichsen, A. Lawrence and Max Rutman.**, 1998. Effect of krill meal on *Penaeus vannamei* growth. Paper presented at the International Triennial Conference and Exposition of the World Aquaculture Society, National Shellfish Association, and American Fisheries Society. Las Vegas, Nevada, USA. 15-19 February 1998 (Book of Abstracts, pp. 336).
- Lucien-Brun, H.**, 1997. Evolution of world shrimp production: fisheries and aquaculture. *World Aquaculture*, 28(4):21-33.
- Marsden, G.E., J.J. McGuren, S.W. Hansford & M.J. Burke**, 1997. A moist artificial diet for prawn broodstock: its effect on the variable reproductive performance of wild caught *Penaeus monodon*. *Aquaculture*, 149:145-156.
- Menasveta, P., J. Choosuwan, S. Piyatiratitivorakul, A.W. Fast and T. Latscha**, 1994. Effect of dietary astaxanthin on gonadal maturation and spawning of giant tiger prawn, (*Penaeus monodon* Fabric us), pp.713-716. In: Chou, L.M., A.D. Munro, T.J. Lam, T.W. Chen, L.K.K. Cheong, J.K. Ding, K.K. Hooi, V.P.E. Phang, K.F. Shim and C.H. Tan (eds). 1994 The Third Asian Fisheries Forum, Asian Fisheries Society, Manila, Philippines 1135p.
- Merchie, G., M. Dehasque and P. Sorgeloos**, 1997. DC Artemia lessens risk of introducing potentially pathogenic microorganisms in the culture of shrimp and fish larvae. *Aquaculture Asia*, 11(1):46-48.
- Merican, Z.O.**, 1998. Trends and outlooks in aquaculture feed production and manufacture within the Asian region. Paper presented at the International Triennial Conference and Exposition of the World Aquaculture Society, National Shellfish Association, and American Fisheries Society. Las Vegas, Nevada, USA. 15-19 February 1998 (Book of Abstracts, pp 364).
- Millamena. O.M.**, 1996. Review of SEAFDEC/AQD fish nutrition and feed development research, pp.52-63. In: Santiago, C.B., Coloso, R.M., Millamena & Borlongan, I.G. (eds), Feeds for Small-Scale Aquaculture. Proceedings of the National Seminar-Workshop on Fish Nutrition and Feeds. Tigbauan, Iloilo, Philippines, 1-2 June 1994. Southeast Asian Fisheries Development Center, Iloilo, Philippines.
- Millamena, O. and A.T. Trino**, 1997. Low-cost feed for *Penaeus monodon* reared in tanks and under semi-intensive and intensive conditions in brackishwater ponds. *Aquaculture*, 154:69-78.
- Moriarty, D.J.W.**, 1997. The role of microorganisms in aquaculture ponds. *Aquaculture*, 151:333-349.
- Moriarty, D.J.W. and Pullin, R.S.V.**, (Editors), 1987. Detritus and microbial ecology in aquaculture, August 1985, Bellagio, Italy. ICLARM Conference Proceedings 14, 420 pp. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Moss, S.M., Pruder, G.D., Leber, K.M. and Wyban, J.A.**, 1992. The relative enhancement of *Penaeus vannamei* growth by selective fractions of shrimp pond water. *Aquaculture*, 101: 229-239.
- Moss, S.M.**, 1995. Production of growth-enhancing particles in a plastic lined shrimp pond. *Aquaculture*, 132:253-260.
- Newman, S.G.**, 1995. The use of non-specific immune stimulants for the prevention of disease in commercially reared shrimp species. Paper presented at the III Congreso Ecuatoriano de Acuicultura, 27 October to 1 November 1995 (Book of Abstracts, pp. 31).
- Nunes, A.J.P., T.C.V. Gesteira and S. Goddard**, 1997. Food ingestion and assimilation by the Southern brown shrimp *Penaeus subtilis* under semi-intensive culture in NE Brazil. *Aquaculture*, 149:121-136.
- Obaldo, L.G., W.G. Dominy, J. Terpstra, J. Cody and K.C. Behnke**, 1998a. *International Aquafeed*, 1:29-32.
- Obaldo, L.G., W.G. Dominy and G. Ryu**, 1998b. Biological response of Pacific white shrimp, *Penaeus vannamei*, on wet extruded feed. *Journal of Applied Aquaculture* (In Press).
- Opitz, H.M.**, 1998. Biosecurity measures that reduce disease risk for aquatic species. Paper presented at the International Triennial Conference & Exposition of the World Aquaculture Society, Las Vegas, Nevada, 15-19 February 1998 (Book of Abstracts, pp.400).

- Pangantohon, M.P., Y.Chiu-Chern and O.M. Millamena**, 1996. Effect of dietary astaxanthin and vitamin A on the reproductive performance of *Penaeus monodon* broodstock, pp.109 (Abstract). In: Santiago, C.B., Coloso, R.M., Millamena & Borlongan, I.G. (eds), Feeds for Small-Scale Aquaculture. Proceedings of the National Seminar-Workshop on Fish Nutrition and Feeds. Tigbauan, Iloilo, Philippines, 1-2 June 1994. Southeast Asian Fisheries Development Center, Iloilo, Philippines.
- Piedrahita, R.H. and Giovannini, P.**, 1991. Fertilized non-fed pond systems. In: Aquaculture systems engineering. Proceedings of the World Aquaculture Society (WAS) and the American Society of Agricultural Engineers, WAS 22nd Annual Meeting, 16-20 June 1991, San Juan, Puerto Rico. Published by the American Society of Agricultural Engineers, pp.1-14.
- Pimentel, D., Shanks, R.E. and Rylander, R.C.**, 1996. Bioethics of fish production: energy and the environment. *J. Agricultural and Environmental Ethics*, 9(2),144-164.
- Pruder, G.D.**, 1994. High health shrimp stocks: an advance, an opportunity - but not a panacea. *World Aquaculture*, 25(3): 26-28.
- Pruder, G.D., E.O. Duerr, W.A. Walsh, A.L. Lawrence and W.A. Bray**, 1992. The technical feasibility of pond liners for rearing Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*) in terms of survival, growth, water exchange rate and effluent water quality. *Aquacultural Engineering*, 11 (1992):183-201.
- Queiroz, J.F.**, 1998. Soil considerations in site selection, pond construction, and pond management. Paper presented at the International Triennial Conference and Exposition of the World Aquaculture Society, National Shellfish Association, and American Fisheries Society. Las Vegas, Nevada, USA. 15-19 February 1998 (Book of Abstracts, pp. 429).
- Raa, J.**, 1992. The use of immunostimulants to increase resistance of aquatic organisms to microbial infections, pp.39-50. In: Shariff, M., R.P. Subasinghe and J.R. Arthur (eds), Diseases in Asian Aquaculture I. Fish Health Section, Asian Fisheries Society, Manila, Philippines
- Rees, T.**, 1997. New pressures, new perspectives. *Fish Farmer*, 20(1),46-48.
- Riaz, M.N.**, 1997. Aquafeeds to optimise water quality: which process is preferable – pelleting or extrusion? *Feed International*, 18(3):22-28.
- Rokey, G. and G. Huber**, 1994. Extrusion processing of aquaculture feeds, pp.510-516. In: McElhiney, R. (Technical Editor), Feed Manufacturing Technology IV. American Feed Industry Association, Inc., Arlington, Virginia, USA.
- Rosenberry, R.**, 1997. World shrimp farming 1997. *Shrimp News International*, San Diego, California, USA, 284p.
- Said, N.W.**, 1996. Extrusion of alternative ingredients: an environmental and a nutritional solution. *Journal of Applied Poultry Research*, 5:395-407.
- Sandifer, P.A., J.S. Hopkins and C.L. Browdy**, 1996. Reduction or elimination of water exchange for intensive marine shrimp farming. Paper presented at the 1996 Annual Meeting of the World Aquaculture Society, 29 January to 2 February 1996, Bangkok, Thailand (Book of Abstracts, pp.356).
- Stephen-Hassard, Q.D.**, 1998. Draft technical guidelines for good aquaculture feed manufacturing practice – a shortened working paper for discussion. Paper presented at the II Conference-Show of Mixed-Feed Manufacturers of the Mediterranean, Reus (Spain), 25-27 March 1998. *Cashiers Options Mediterraneanes* (In Press).
- Subasinghe, R. and U. Barg**, 1996. Health management in asian shrimp culture: the challenges. Paper presented at the 1996 Annual Meeting of the World Aquaculture Society, 29 January to 2 February 1996, Bangkok, Thailand (Book of Abstracts, pp. 392).
- Supamattaya et al.**, 1996. Transmission of red and white spot disease (bacilliform virus) from black tiger shrimp *Penaeus monodon* to portunid crab *Portunus pelagicus* and krill *Acetes sp.* Paper presented at the Second International Conference on the Culture of Penaeid Prawns and Shrimp. Iloilo City, Philippines, 14-17 May 1996 (In Press).
- Swick, R.A.**, 1994. Latest trends in aquaculture nutrition and aquafeed formulation: Use of soybean meal and synthetic methionine in shrimp feed. In: 35th Compound and Livestock Feed Manufacturer's Association of India. National Aquaculture Symposium: New Horizon, 30 September 1994.
- Tacon, A.G.J.**, 1995. Feed formulation and on-farm feed management, pp.61-74. New, M.B., A.G.J. Tacon & I. Csavas eds), Farm-made Aquafeeds. FAO Fisheries Technical Paper No.343, FAO, Rome.

- Tacon, A.G.J.**, 1996. Nutritional studies in crustaceans and the problems of applying research findings to practical farming systems. *Aquaculture Nutrition*, 1996 1:165-174.
- Tacon, A.G.J.**, 1998. FAO aquaculture production update: 1996 highlights. *International Aquafeed*, 2:13-16.
- Tacon, A.G.J. and D. Akiyama**, 1997. Feed Ingredients, pp.411-472. In: *Crustacean Nutrition, Advances in World Aquaculture*, Volume 6. World Aquaculture Society, Baton Rouge, USA.
- Tacon, A.G.J., Q.D. Stephen-Hassard and U.C. Barg**, 1998. The development of guidelines on good management practices in aquaculture feed manufacture and feeding. Paper presented at the VIII International Symposium on Nutrition and Feeding of Fish: Recent Advances in Finfish and Crustacean Nutrition, Las Palmas, Gran Canaria, Spain. 1-4 June 1998 (Book of Abstracts, pp. 160).
- Talavera, V.**, 1998. Trends and outlooks in aquaculture feed production and manufacture within the Latin American and Caribbean region. Paper presented at the International Triennial Conference and Exposition of the World Aquaculture Society, National Shellfish Association, and American Fisheries Society. Las Vegas, Nevada, USA. 15-19 February 1998 (In Press).
- Tan, R.K.H. and W.G. Dominy**, 1997. Commercial pelleting of crustacean feeds, pp.520-549. In: *Crustacean Nutrition, Advances in World Aquaculture*, Volume 6. World Aquaculture Society, Baton Rouge, USA.
- Teichert-Coddington, D.R. and R. Rodriguez**, 1995. Semi-intensive commercial grow-out of *Penaeus vannamei* fed diets containing different levels of crude protein during wet and dry seasons in Honduras. *Journal of the World Aquaculture Society*, 26(1):72-79.
- Teichert-Coddington, D.R., Green, B.W. and Parkman, R.W.**, 1991. Substitution of chicken litter for feed in production of penaeid shrimp in Honduras. *Progr.Fish-Cult.*, 53: 150-156.
- Teshima, S.-I., A. Kanazawa and Koshio, S.**, 1993. Recent developments in nutrition and microparticulate diets of larval prawns. *Bamidgeh*, 45: 175-184.
- Tirado, M.C., Lotz, J.M. and W.D. Youngs**, 1998. Effect of maturation diets on *Penaeus vannamei* male performance. Paper presented at the International Triennial Conference & Exposition of the World Aquaculture Society, Las Vegas, Nevada, 15-19 February 1998 (Book of Abstracts, pp.543).
- Trino, A. and Sarroza, J.**, 1995. Effect of a diet lacking in vitamin and mineral supplements on growth and survival of *Penaeus monodon* juveniles in a modified extensive culture system. *Aquaculture*, 136:323-330.
- Trino, A., V.D. Penaflores and E.C. Bolivar**, 1992. Growth and survival of *P. monodon* juveniles fed a diet lacking vitamin supplements in a modified extensive culture system. *Aquaculture*, 101:25-32.
- Turk, P.E., C. Zuercher, A.L. Lawrence and P.G. Lee**, 1998. An environmentally isolated, closed, recirculating marine shrimp culture system. Paper presented at the International Triennial Conference and Exposition of the World Aquaculture Society, National Shellfish Association, and American Fisheries Society. Las Vegas, Nevada, USA. 15-19 February 1998 (Book of Abstracts, pp. 552).
- Velasco, M. and L.D. Conquest**, 1998. Effect of dietary protein level and natural productivity on shrimp, *Penaeus vannamei*, biological performance in zero-water exchange aquaculture system. Paper presented at the World Aquaculture Society (In Press).
- Velasco, M., A.L. Lawrence and F.L. Castille**, 1998. Feeding frequency effect on growth of *Penaeus vannamei* shrimp in recirculating and static aquaculture systems. Paper presented at the International Triennial Conference and Exposition of the World Aquaculture Society, National Shellfish Association, and American Fisheries Society. Las Vegas, Nevada, USA. 15-19 February 1998 (Book of Abstracts, pp. 559).
- Xu, X.L., Ji, W.J., Castell, J.D. and R.K. O'Dor**, 1994. Influence of dietary lipid sources on fecundity, egg hatchability and fatty acid composition of Chinese prawn (*Penaeus chinensis*) broodstock. *Aquaculture*, 119:359-370.
- Yeo Keng Joon**, 1998. Black tiger prawn production caught in economic crisis. *International AquaFeed Magazine*, January/February 1998, Vol 1:9-11.
- Ziemann, D.A., L.D. Conquest, W.A. Walsh and J. Cody**, 1998. Water quality dynamics of experimental shrimp culture systems. Paper presented at the International Triennial Conference and Exposition of the World Aquaculture Society, National Shellfish Association, and American Fisheries Society. Las Vegas, Nevada, USA. 15-19 February 1998 (Book of Abstracts, pp. 601).