

RESUMEN DE LA EVALUACION SOBRE LA UTILIZACION DE ASTAXANTINA EN NUTRICION DE CAMARONES

José Ignacio Arango G.

Roche Ecuador S.A.
Ave. 10 de Agosto 5133 y NNUU
Casilla 1711-06185 Quito, Ecuador
Tels. (5932) 465 210/464 934
Fax. (5932) 439 638
E-mail: josei.arango@roche.com

INTRODUCCION

En la última década se observa un incremento sustancial en el número de trabajos científicos publicados en nutrición de camarones, enfocados a determinar los requerimientos de los principales nutrientes en las diferentes especies y fases de producción. Dentro de esta área, en los últimos cinco años, varios trabajos han sido publicados evaluando el uso de un carotenoide (astaxantina), ya sea como pigmentante o como un nutriente en diferentes especies de *Penaeus*. (Arango G. 1993, Arango et al. 1994, 1995, Chien y Jeng 1992, High 1995, Kurmaly 1993, 1994, 1995, Kurmaly y Latscha 1993, Latscha 1989, 1991, 1991A, Menasveta 1993, Menasveta et al. 1993, Miki 1991, Negre-Sadargues G 1993, Pedraza et al. 1996 y Yamada et al. 1990).

Los crustáceos silvestres son considerados particularmente ricos en carotenoides. La concentración de carotenoides totales encontradas en diferentes especies de camarones varía desde 50 mg/kg hasta 500 mg/kg de tejido, y en algunos estados larvales se reportan concentraciones hasta de 800 mg/kg. de tejido. Dentro de los carotenoides totales, una amplia gama de estos han sido identificados, no en tanto, el más importante en crustáceos es la Astaxantina (Latscha 1989).

Los crustáceos son incapaces de sintetizar la Astaxantina, por lo cual, dependen de una adecuada ingestión. En el caso particular de los camarones, son capaces de oxidar y convertir el b-caroteno, la zeaxantina y otros pigmentos intermedios en Astaxantina. Sin embargo, la proporción molecular necesaria de cada uno de los carotenoides para obtener una molécula de Astaxantina es extremadamente alta, por lo cual es un proceso metabólico altamente ineficiente (Latscha, 1989 y 1991).

La Astaxantina es un oxycarotenoide derivado del b-caroteno, y consiste de una larga cadena de carbonos poli-insaturada con grupos funcionales tanto al inicio como al final de la cadena. En la naturaleza se presenta como una mezcla de tres isómeros ópticos denominados 3S,3'S; 3S,3'R y 3R,3'R, los cuales son responsables por cerca del 65% al 90% del total de carotenoides presentes en el cuerpo de los crustáceos (Latscha 1989).

En los crustáceos, la pigmentación es debido a la presencia de la Astaxantina en el caparazón o exoesqueleto y la hipodermis. En estos dos tejidos, en asociación con el hepatopáncreas, se deposita entre el 58% al 90% de toda la Astaxantina depositada en el cuerpo.(Latscha 1991).

Según Chien y Jeng (1992), del total de Astaxantina depositada en el cuerpo de *P. monodon*, aproximadamente el 45% esta presente en la cabeza, la cual incluye el hepatopáncreas, el 28% en el caparazón y el 24% en la cola.

En el caso específico del *P. vannamei*, aproximadamente el 65 % del total de carotenoides depositados en el cuerpo es Astaxantina, el 5% es el 7,8 dihidroastaxantina y el 30% una mezcla de varios carotenoides.

La Astaxantina en crustáceos esta presente en tres diferentes formas: la primera, en forma libre. Esto es, sin esterificar la forma oxycarotenoidea. Segunda, la forma esterificada. La cual puede estar esterificada con una o dos cadenas largas de ácidos grasos, tales como: ácido palmítico, oleico, estearico y linoleico; y la Tercera, Astaxantina libre o esterificada asociada a proteínas, tales como, carotenoproteínas y carotenolipoproteínas. Esta asociación con proteínas es responsable por el color característico de los crustáceos. Las formas esteres generalmente representan la gran mayoría de la Astaxantina depositada en los tejidos (Latscha, 1989).

Varias funciones fenológicas y/o fisiológicas han sido reportadas en la literatura para los carotenoides en especies acuícolas, en nuestro caso específico, la Astaxantina. Fenológicas, tales como: comunicación entre organismos, camuflaje, reproducción y fisiológicas como: protección de membranas celulares, antioxidante intracelular, mejoramiento de respuesta inmunológica no específica y reserva de oxígeno intracelular. (Bendich 1989, Chien y Jeng 1992., Estermann 1994., Goodwing 1986., Kurashige 1993., Kurmaly 1993, 1994, 1995., Kurmaly y Guo 1995., Kurmaly y Latscha 1993, Latscha 1989, Menasveta 1993, Menasveta et al. 1993 y Miki 1991, Prabhal et al... 1989).

Estudios fisiológicos han demostrado que la Astaxantina en camarones incrementa la tolerancia al estrés, mejora la respuesta inmune, estabiliza la pared celular, puede ser una reserva intracelular de oxígeno y cumple la función como protector intracelular al quelatar los radicales libres (Menasveta 1993).

Según Miki (1991), la Astaxantina por naturaleza, tiene la habilidad de quelatar sustancias tóxicas, protegiendo el ambiente intracelular de los organismos. Bajo condiciones normales, el metabolismo celular produce rutinariamente productos tóxicos tales como: peróxido, radicales libres y otros productos fruto de la oxidación celular. Los cuales, a menos que sean quelatados,

afectarán las estructuras químicas de las organelos celulares. La potencia de la Astaxantina como quelatador de radicales libres, en último término antioxidante, es aproximadamente 2500 veces la potencia de la vitamina E. Vitamina conocida como el mayor antioxidante intracelular. Esto coloca a la Astaxantina como el mayor antioxidante celular en crustáceos.

Para Kurashige et al. (1990) citado por Meyers S., (1994), la Astaxantina protege las membranas celulares del proceso oxidativo, por inhibición de la peroxidación lipídica mitocondrial, lo cual reafirma su enorme capacidad como antioxidante biológico. Además, la información existente nos indica que, la Astaxantina es capaz de funcionar como donador de oxígeno en ambientes donde la presión parcial de oxígeno es extremadamente baja; por ejemplo, en el huevo, en células con rápido crecimiento y en piscinas con alta concentración de sedimentos (Menasveta 1993). Esto permite a las células y los tejidos de crustáceos, en nuestro caso específico en camarones existir, sobrevivir y tener un óptimo desarrollo en ambientes con características estresantes (Chien y Jeng 1992).

Según Menasveta (1993), Bendich (1989) y Prabhal et al. (1989) la formación de complejos caroteno-proteínas y caroteno-lipo-proteínas de alta densidad, permiten que los carotenoides y la Astaxantina, influyan positivamente en la estabilidad de la membrana celular, en las reacciones intracelulares que aumente la respuesta inmunológica de los animales, tanto específica como no específica.

En condiciones prácticas los crustáceos están sometidos a continuos procesos de estrés, fundamentalmente debido a cambios en el medio ambiente, como: temperatura, salinidad, nivel de oxígeno, fluctuación de pH, incremento del amonio, producción de nitritos, nitratos y presencia de otros poluentes.

Bajo estas circunstancias los crustáceos, y en nuestro caso específico, los camarones, tiene tres rutas fisiológicas por escoger dependiendo del tamaño del estrés y el estado nutricional de éstos. La primera, es adaptarse y controlar fisiológicamente los efectos del estrés; la segunda, es modificar algunos procesos fisiológicos que permitan sobrevivir ante la presencia del estrés y la tercera, es sucumbir ante el estrés, al no adaptarse a éste efecto externo.

En el organismo existe una gama de nutrientes, los cuales, son utilizados para combatir el desbalance fisiológico generado por el estrés y la Astaxantina es uno de los principales.

Kurmaly y Guo (1995), evaluaron el efecto de diferentes tipos de estrés, ya sea, alta concentración de amonio, bajo oxígeno disuelto y baja temperatura, en la movilización de Astaxantina en el cuerpo de camarones, *Penaeus monodon*. Estos camarones fueron alimentados previamente con altas dosis de Astaxantina por espacio de seis (6) días para garantizar niveles altos de depósito en el cuerpo. Los autores reportaron una disminución significativa en el depósito de Astaxantina en el cuerpo, hepatopáncreas y ojo de camarones, después de ser sometidos a estrés por baja temperatura y bajo oxígeno disuelto en el medio. No se observó efecto significativo de las altas concentraciones de amonio.

Actualmente, existen fuertes evidencias científicas, las cuales nos permiten afirmar que la Astaxantina es un nutriente esencial para la maduración de camarones (High, 1995), para mejorar la producción (Arango et al.1994, Arango et al. 1995., Chien y Jeng 1992., Kurmaly 1993, 1994, 1995., Kurmaly y Latscha 1993., Latscha 1992., Menasveta 1993., Pedraza et al. 1996 y Yamada et al. 1990) y es el carotenoide específico para mejorar la pigmentación de los camarones (Arango 1993., Chien y Jeng 1992., Latscha 1989., 1991 y 1991A, Menasveta et al. 1993 y Yamada et al. 1990).

High (1995), evaluó en el sistema de maduración de la compañía Playaespec S.A. del grupo Langostinos Ecuatorianos, Lanec S.A. el uso de astaxantina (213 ppm del total de materia seca ofrecida por día) en doce (12) tanques de cemento forrados con plásticos de PVC negro. La profundidad del agua fue de 30 cm, el recambio diario de 200% y la temperatura del agua entre 27 a 29°C. Fueron usadas reproductoras pescadas en la zona de San Pablo, Provincia del Guayas, Ecuador. Durante el mes y medio que duró la prueba se tuvo producción de nauplii en tres periodos de dos días cada uno. Las hembras eran inseminadas artificialmente y después del desove devueltas a sus tanques de origen. En esta evaluación se encontró diferencia significativa ($P \hat{=} 0.005$) en la frecuencia de desoves por día de hembras, *Penaeus vannamei*, alimentadas con astaxantina comparadas a camarones hembras control alimentadas sin Astaxantina. No se observó diferencia significativa ($P \hat{=} 0.05$) en producción de nauplii por desove y sobrevivencia de los nauplii. El número de nauplii por desove fue severamente afectado por variación en el nivel de fertilización de los huevos, asociado a las condiciones de los machos usados para la inseminación y en particular a su tiempo de almacenamiento. Aunque hubo más nauplii por desove en las camarones hembras recibiendo en su dieta Astaxantina, la variación en el nivel de fertilización no permitió encontrar diferencias significativas en éste factor.

Según High (1995), puede ser que el éxito de la astaxantina en este ensayo fue proveer un ingrediente en forma rápida para la segunda fase de formación de la yema del huevo y el ensamblaje del complejo carotenolipoproteico llamado lipovitelina.

En estudios de producción, inicialmente en laboratorio, Yamada et al. 1990, encontraron una mejora sustancial en la sobrevivencia, cuando camarones *P. monodon* fueron alimentados con 50 ppm de astaxantina (90%) comparados al control (57%). Estudios adicionales, Chien y Jeng (1992), reportaron un incremento en la sobrevivencia, superior al 30% y un mejor crecimiento de *P. japonicus* suplementados con 50 ppm de Astaxantina.

Los resultados iniciales de laboratorio han sido confirmados por ensayos bajo condiciones prácticas tanto en Tailandia, Indonesia, Colombia y Ecuador, ya sea con *P. monodon*, *P. japonicus* o *P. vannamei*.

Kurmaly (1993, 1994 y 1995), Kurmaly y Latscha (1993) y Menasveta (1993) evaluaron y confirmaron los beneficios de la Astaxantina en producción de camarones en Asia. La inclusión de Astaxantina (50 ppm) en alimento para camarones, *P. monodon*, mejoró significativamente la sobrevivencia, entre un 9% a un 25%; incrementó el total de libras cosechadas, entre un 23% al 30%; redujo entre un 8% a un 15% la conversión alimenticia e incrementó en un 17% a un 19% el beneficio adicional en la rentabilidad, cuando los comparamos a los grupos controles sin Astaxantina.

Tanto en Colombia como en Ecuador, Arango (1993), Arango et al.(1994), Arango et al.

(1995) y Pedraza et al. (1996) ratificaron los beneficios productivos de la Astaxantina en *P. vannamei*.

Arango (1993), reportó una mejora del 29% en el crecimiento de *P. vannamei* alimentados con 50 ppm de Astaxantina en las últimas 9 semanas de producción. En un segundo ensayo, Arango et al. (1994), evaluaron el uso de 50 ppm de Astaxantina en alimento para camarones entre la siembra (PL12) a 4.0 gr de peso vivo y entre 8.0 gr. y peso de cosecha. En condiciones semintensivas con densidades de 24.4 camarones por metro cuadrado y con un tres (3) porciento de recambio diario. Esta evaluación fue realizada en dos camaronerías, Sabana Grande e Isla Puna, con un total de once (11) piscinas, cinco (5) bajo dieta control y seis (6) recibiendo alimento con Astaxantina (50ppm). No se observó diferencia significativa entre los tratamientos para los principales índices productivos: Peso final, crecimiento semanal, conversión alimenticia, sobrevivencia y total de libras cosechadas por hectárea. La falta de significancia esta asociada a la enorme variabilidad observada entre los resultados técnicos de las dos (2) camaronerías y desafortunadamente no había un número suficiente de piscinas en una sola en ese momento. No obstante lo anterior, se observó un incremento de 10% en el peso final, una mejora de 16.6% en la sobrevivencia; un incremento de 28.6% en total libras producidas por hectárea y una disminución de 18.3% en conversión alimenticia, Tabla 1.

**Tabla 1: Efecto de la Astaxantina en la producción de camarones *P. vannamei*.
Proyecto Camaronera Deli-Alimentsa-Roche Ecuador**

Parámetros	Control	Astaxantina 50 ppm.
No. de Piscinas	5	6
Densidad PL/Ha	243.500	244.100
Peso Final Promedio gr.	10.9+/-1.38	12.0+/-1.16
Mejora en Crecimiento. gr.		1.1 (10.0%)
Crecimiento semanal gr.	0.608	0.62
Conversión Alimenticia	2.58+/-1.7	2.18+/- 0.3
Mejora en Conversión.		-0.4 (15.6%)
Sobrevivencia.	25.8+/-7.7	30.1+/-4.5
Mejora en Sobrevivencia.		4.3 (16.6%)
No. de días.	126+/-13.3	135+/-1.2
Lb. Cosechadas / Ha.	1484.3+/-270	909.6+/-341
Incremento neto en Producción. Lbs./Ha		425.6 (28.6%)
Distribución de Tallas a la cosecha (%).		
26-30 a 51-60	40.0	69.4
61-70 a 81-100	60.0	30.6

Un punto adicional se evaluó en este ensayo, el cual había sido observado en el trabajo de Arango (1993), el efecto de al Ataxantina en la distribución de camarones en las diferentes tallas al momento de la cosecha. En general, independiente de la camaronera evaluada, se observó una mejora sustancial en la homogeneidad de los camarones al momento de la cosecha. Por mejora en

homogeneidad, los lotes de camarones que recibieron Astaxantina tuvieron un precio superior al control en 0.14 US\$/libra.

Los datos obtenidos en este ensayo, fueron sometidos a una evaluación económica, encontrándose que: por cada dólar invertido en Astaxantina se obtuvo un ingreso adicional de 4.7 dólares (US\$) sobre la rentabilidad obtenida (Tabla 2).

Tabla 2 Evaluación costo/beneficio del uso de Astaxantina en dietas para camarones. Proyecto Camaronera Deli-Alimentsa-Roche Ecuador

Parámetro	Control	Astaxantina 50 ppm.
Producción por Hectárea lbs/Ha.	1484.3	1909.6
Precio del Camarón US\$/Lb.	3.5	3.64
Ingresos Totales. US\$.	5195	6960.4
Conversión.	2.58	2.18
Consumo de Alimento Kg/ha.	1738	1890
Costo de Alimento US\$/kg.	0.42	0.42
Costo de Alimento Total. US\$.	730	794
Costo Astaxantina. US\$.		295.3
Total Costo: Alimento+ Astaxantina.		1089.3
Utilidad. US\$.	4465	5871.3
Utilidad Adicional. US\$		1406.3
Relación: Utilidad Adicional/Costo Astaxantina		4.76

Dos factores más han sido considerados dentro del proyecto de uso de Astaxantina en la nutrición de camarones. El primero, la relación entre la Astaxantina y la densidad, Pedraza et al. (1996), y el segundo, bajo condiciones semintensivas (25 pL/mt²), cual es el nivel ideal de dosificación de Astaxantina en los alimentos, Arango et al. (1995). Ambos trabajos fueron realizados con un número bajo de repeticiones, por reducida disponibilidad de espacio. Sin embargo, de acuerdo a lo obtenido en Cartagena Colombia, Pedraza et al. (1996), podemos concluir que: en la medida que incrementamos la densidad, de 125.000 PL/Ha a 710,000 PL/Ha podemos esperar una mayor respuesta al uso de la Astaxantina en dietas para camarones, *P. vannamei* (Tabla 3), y una mayor retorno adicional económico obtenido por dólar invertido en Astaxantina (Tabla 4).

Tabla 3: Efecto de la Astaxantina en la producción de camarones *P. vannamei* a dos densidades de siembra. Proyecto

Océanos-Roche Colombia-Roche Ecuador

Parámetro	Control		Astaxantina 50 ppm.	
	Océanos	Agrotijo	Océanos	Agrotijo
Camaronera				
número de piscinas	1	1	2	1
Densidad PL/Ha	125.000	710.000	125.000	710.000
Peso final promedio (gr)	13.94	9.8	15.12+/-0.73	12.9
Mejora en Crecimiento. gr			1.18 (8.4%)	3.1 (31.6%)
Conversión Alimenticia.	1.51	1.4	1.39+/-0.03	1.2
Mejora en Conversión		0.12 (12.0 %)	0.2 (14.3 %)	
Sobrevivencia.	58.7	37.0	57.9+/-2.7	37.8
Mejora en Supervivencia.				0.8 (2.2%)
No. de días.	99	138	99	138
Lb. Cosechadas/ Ha.	2262	5885	2410+/-3.3	7575
Incremento neto en producción. Lbs./Ha		148 (6.6%)	1690 (28.7%)	

Tabla 4. Evaluación costo/beneficio del uso de Astaxantina en dietas para camarones. Proyecto Océanos-Roche Colombia-Roche Ecuador Camaronera Agrotijo

Parámetro	Control	Astaxantina 50 ppm
Producción por Hectárea lbs/Ha.	5885	7575
Precio del Camarón. US\$/Lb.	1.82	2.04
Ingresos Totales. US\$.	9693	14472
Conversión.	1.40	1.20
Consumo de Alimento. Kg/ha.	3773	4242
Costo de Alimento. US\$/kg.0.62	0.62	
Costo de Alimento Total. US\$./ha	2339	2630
Costo Astaxantina. US\$.		662.5
Total Costo: Alimento + Astaxantina. US\$/ha.		3293
Utilidad. US\$.	3579	7896
Utilidad Adicional. US\$.		4317
Relación: Utilidad Adicional US\$/Costo Astaxantina US\$.		6.5/1.0

En cuanto a dosis de Astaxantina y respuesta productiva, Arango et al. (1995), los mejores resultados técnicos y la mayor rentabilidad fueron obtenidos con 50 ppm de Astaxantina. Estos dos trabajos serán repetidos en el transcurso del próximo año en el Centro Regional de Investigación en Acuicultura Roche-Cachugran, en Chongon. Con una mayor número de repeticiones, para tener una mayor confiabilidad estadística.

La información acumulada en los últimos cinco años y nuestra experiencia práctica, nos permite afirmar que el uso de la Astaxantina en alimentos para camarones no debe ser considerada

bajo un simple concepto de presentación, pigmentación, sino como nutriente. El cual es necesario para el mantenimiento, crecimiento y reproducción de los camarones bajo condiciones comerciales.

BIBLIOGRAFIA

- Arango G., Jose Ignacio. 1993. Evaluación comercial del uso de Astaxantina en alimento para camarones (*Penaeus Vannamei*). Primer Seminario Internacional Roche de Acuicultura. Proyecto Carophyll Pink en Camarones. Propellets-Promarisco-Aquanova-Ecuaroche. San Antonio, Provincia de Guayas. 18 de Octubre de 1996, Restaurante el Cantones, Guayaquil, Ecuador. Por publicar.
- Arango G., Jose Ignacio., Mora O y Zuñiga A. 1994. Evaluación del uso de Astaxantina (Carophyll Pink 8%) en la alimentación de camarones, *Penaeus vannamei*. Primer Seminario Internacional Roche de Acuicultura. Proyecto Carophyll Pink en Camarones. Alimetsa-Camaronera Deli-Roche Ecuador. 18 de Octubre de 1996. Restaurante el Cantones,Guayaquil. Ecuador. Por publicar.
- Arango G. Jose Ignacio., Mora O, y Zuñiga A. 1995. Evaluacion de niveles crecientes de Astaxantina (0, 50,100, 150 ppm) en dietas para camarones, *Penaeus vannamei*. Primer Seminario Internacional Roche de Acuicultura. Proyecto Carophyll Pink en Camarones. Alimentos-Camaronera Deli-Roche Ecuador. Isla Puna. Ecuador. 18 de Octubre de 1996. Restaurante el Cantones. Guayaquil, Ecuador. Por publicar.
- Bendich, A. 1989. Carotenoids and the immune response. *J. Nutrition*. 119: 112-115.
- Chien Y.H. and Jeng S.C. 1992. Pigmentation of Kuruma prawn, *Penaeus japonicus* Bate, by various pigment sources and levels and feeding regimes. *Aquaculture* 102:333-346.
- Estermann.R., 1994. Micro-ingredients-abstracts. Biological fuctions of carotenoids *Aquaculture*. 124(4):219
- Goodwin T.W. 1986. Metabolism, Nutrition and Function of carotenoides. *Ann. Rev. Nutr.* p. 273-297.
- High Mark., 1995. El efecto de la astaxantina en la maduración del camarón, *Penaeus vannamei*. Tercer Congreso Ecuatoriano de Acuicultura. Octubre 27 a Noviembre 1 de 1995. Poster.
- Kurashige M., Okimasu E., Inoue M and Utsumi K. 1990. Inhibition of oxidative injury of biological membranes by astaxanthin. *Physiol. Chem. Phys.& Med. NMR*. 22:27-38.
- Kurmaly K. 1993. Increase in harvest yield and net benefit using Carophyll Pink (Astaxanthin),in shrimp feed. *Aquaculture News* 2(1):1

- Kurmaly K. 1993. Health and nutrition complete with astaxanthin. Part I. Physiological functions. *Aquaculture News*. Vol.1(1):3.
- Kurmaly K. 1994. Commercial trial results with Carophyll Pink (Astaxanthin) fed to *Penaeus monodon* in Chantaburi, Thailand. *Aquaculture News*. 3(1):1
- Kurmaly K. 1994. Mode of operation of Carophyll Pink (Astaxanthin). *Aquaculture News*. Vol.3(1):1.
- Kurmaly K. 1995. Astaxanthin and its role in animal performance. Protection of cell and organelle membranes. *Aquaculture News*. 4(1):1
- Kurmaly K. 1995. Astaxanthin: Principal aspects in use of Astaxanthin in Shrimp Nutrition. In: *Vitamina C y Astaxantina en la Nutrición de Camarones*. 23 de Marzo de 1995, Salon Los Candelabros, Hotel Continental. Guayaquil, Ecuador.
- Kurmaly, K., and Guo, F.C. 1995. Effect of environmental stressors; High ammonia, low dissolved oxygen, low salinity, high salinity and low temperature shock on vitamin C and astaxanthin content of shrimp tissues. Roche Aquaculture Centre Far East (RACFE). Rovithai Ltd.
- Kurmaly K and Latscha T. 1993. Health and nutrition complete with astaxanthin Part I. Physiological functions. *Aquaculture News* 1(1):3
- Latscha T. 1989. The role of Astaxanthin in shrimp pigmentation. *Advances in Tropical Aquaculture*. Aquacop. IFREMER. Actes de Colloque. 9:319-325.
- Latscha T. 1991. Crustacean pigments. *Crustacean Nutrition Newsletter*. 7(1):53-60.
- Latscha T. 1991A. Carotenoids in aquatic animal nutrition. *Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop*. D.M. Akiyama and R.K.H. Tan Eds. American Soybean Association. p. 68-79.
- Menasveta P. 1993. Biological benefits of carotenoids: Astaxanthin. *Feed Production Tomorrow*. II: Animal Nutrition Vietnam International. 26th October 1993. Bangkok Thailand. 18 p.
- Menasveta P., W. Worawattanamateekul., T Latscha and J.S. Clark. 1993. Correction of Black Tiger Prawn (*Penaeus monodon*, Fabricius) coloration by Astaxanthin. *Aquaculture Engineering*. 12(4): 203-213.
- Meyers S.P. 1994. Developments in world aquaculture, feed formulations and role of carotenoids. *Pure. Appl. Chem*. 66(5): 1069-1076.
- Miki W. 1991. Biological functions and activities of animal carotenoids. *Pure. Appl. Chem* 63(1):141-146.

- Negre-Sadargues G., Castillo R., Petit H., Sance S., Martinez R.G. Milicua J.C. Choubert G and Trilles Jean-Paul. 1993. Utilization of synthetic carotenoids by the prawn, *Penaeus japonicus* reared under laboratory conditions. *Aquaculture*. 11:151-159.
- Pedraza., L.,J. C., Rey H. y Arango G. Jose I. 1996. Efecto de la Astaxantina en la producción de camarones, *Penaeus vannamei*, a dos densidades de siembra.In. Proyecto Carophyll Pink en Camarones. Océanos-Productos Roche Colombia-Roche Ecuador. Cartagena, Colombia.
- Prabhala, R.H., Maxey, H. M and Watson, R., 1989. Enhancement of the expression of activation markers on human peripheral blood mononuclear cells by in vitro culture with retinoids and carotenoids. *J.Leucocyte Biology*, 45: 249-254.
- Yamada S., Y.Tanaka., M. Sameshima and Y. Ito. 1990. Pigmentation of prawns (*Penaeus japonicus*) with carotenoids. I.Effect of dietary astaxanthin, beta-carotene and canthaxanthin pigmentation. *Aquaculture*. 87:323-330.