

Acción de las Vitaminas en la Dieta de Camarones Penaeoideos

Fenucci, Jorge Lino & Analia Fernández Gimenez

Departamento de Ciencias Marinas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,
Universidad Nacional de Mar del Plata. CONICET. Funes 3350, B7602AYL, Mar del
Plata, Argentina. E mail jfenucci@mdp.edu.ar

Introducción

Las vitaminas son nutrientes orgánicos que se presentan en alimentos naturales y se necesitan en cantidades muy pequeñas para el crecimiento, el mantenimiento y la reproducción normal de los organismos. En general los animales no las sintetizan, por lo tanto deben recibirlas con la dieta (Mayes, 1997a). Se conocen quince vitaminas que se clasifican en dos grandes grupos: hidrosolubles y liposolubles.

<i>Vitaminas hidrosolubles</i>	<i>Vitaminas liposolubles</i>
Complejo B: B ₁ , B ₂ , B ₆ , B ₁₂ , ácido	A
pantoténico, biotina, folacina, niacina	D
colina	E
inositol	K
vitamina C	

Las vitaminas hidrosolubles incluyen al complejo B, la colina, el inositol y la vitamina C. Debido a su solubilidad en agua, los excedentes de estas vitaminas se excretan en la orina y por la misma razón no son almacenadas en cantidades apreciables en los animales (Mayes, 1997a). La síntesis por parte de la flora bacteriana en el tracto gastrointestinal de ciertos animales puede contribuir sustancialmente en la fuente de varias vitaminas.

La dieta artificial representa entre el 50 y el 70% del costo variable de la producción de camarones. La calidad y el costo del alimento están directamente relacionados; una mejora en la calidad, inevitablemente incrementa los costos. Para la selección del tipo de dieta y de los ingredientes a utilizar en su preparación es imprescindible conocer los requerimientos nutricionales de la especie cultivada (Akiyama & Chiang, 1989).

En las primeras dietas formuladas para crustáceos, al comienzo de la década del '70, se utilizaban cantidades empíricas de vitaminas, basadas fundamentalmente en investigaciones previas con vertebrados terrestres y peces. La preparación de dietas semipurificadas adecuadas para cada especie continuó con la determinación de los requerimientos cuali y cuantitativos de varias vitaminas, debido al alto costo que implica el suplemento de estos nutrientes en la dieta (Akiyama et al., 1992).

Los primeros resultados sobre requerimientos de vitaminas en crustáceos, se obtuvieron de investigaciones con microcrustáceos, *Artemia* sp. (Provasoli & D'Agostino, 1969) y *Moina macrocopa* (Straus) (Conklin & Provasoli, 1977; D'Abramo & Baum, 1981). Posteriormente comenzaron los estudios sobre requerimientos vitamínicos de crustáceos decápodos de importancia comercial tales como, *Carcinus maenas* (Linnaeus) (Ponat & Adelung, 1980 y 1983); *Procambarus clarkii* (Girard) (Brown 1995; D'Abramo & Sheen, 1994) y *Homarus americanus* Milne Edwards (Conklin et al., 1980; Conklin, 1995).

Sin embargo el principal interés se centró en el estudio de camarones peneidos de alto valor en el mercado. Originalmente, estos camarones eran alimentados con dietas preparadas y alimento natural, asumiendo que esta combinación podría prevenir deficiencias de vitaminas. Los primeros estudios se realizaron en *Marsupenaeus japonicus* (Bate) (Kitabayashi et al., 1971; Guary et al., 1976 a,b; Kanazawa et al., 1976; Deshimaru & Kuroki, 1976, 1979; Kanazawa, 1985; Alava et al., 1993), posteriormente las investigaciones se centraron en *Penaeus monodon* Fabricius (Akiyama et al., 1992; Chen & Hwang, 1992; Shiau & Lung, 1993; Catacutan & Lavilla-Pitogo, 1994; Chen et al., 1994; Shiau & Hwang, 1994) y más recientemente en

Litopenaeus vannamei (Boone) (He et al., 1992; He & Lawrence, 1993b, 1994; Montoya & Molina, 1995).

Desafortunadamente, en la mayoría de los estudios de nutrición de crustáceos, los niveles requeridos se definen en función de la concentración de vitaminas en la dieta durante la preparación; sin embargo las pérdidas durante la manufactura, almacenaje y permanencia en el agua no se consideran y éstas pérdidas pueden ser significativas (Conklin, 1997). Los estudios sobre requerimientos vitamínicos de camarones, en general son fragmentados y discontinuos por lo que se hace difícil la interpretación de los resultados.

Actualmente existe información sobre los requerimientos vitamínicos de ciertas especies de crustáceos decápodos, especialmente las de mayor valor comercial. En la siguiente tabla se muestran las cantidades de vitaminas requerida por varias especies de camarones peneidos.

Vitamina mg/kg dieta	<i>M. japonicus</i>	<i>P. monodon</i>	<i>L. vannamei</i>	<i>F. chinensis</i>	<i>F. californiensis</i>
Tiamina	60-120a	13-14c	-	-	-
Riboflavina	80b	22,5g	-	-	-
Niacina	400b	7,2h	-	-	-
B6	120 ^a	-	80-100q	-	-
Folacina	-	2-8i	-	-	-
B12	-	0,2j	-	-	-
Colina	600c	-	-	-	-
Inositol	2000-4000c	-	-	-	-
C	3000(C1)d 10000- 20000(C1)e 215- 430(C2Mg)f	2000(C1)k 210(C2PP)l 100- 200(C2PMg)m 40(C2MP)n 157(C2S)n	90-120(C2PP)r	-	2000(C1)w
A	-	-	130s	40-60u	-
E	-	-	99t	-	-
D	-	0,1(D ₃)o	100s	-	-
K	-	30-40p	-	185v	-

a-Deshimaru & Kuroki, 1979; **b**-NRC, 1983; **c**-Chen et al., 1991; **d**-Deshimaru & Kuroki, 1976; **e**-Guary

Fenucci, Jorge Lino & Analia Fernández Jiménez. 2004. *Acción de las Vitaminas en la Dieta de Camarones Penaeoideos*. In: 128 - Cruz Suárez, L.E., Ricque Marie, D., Nieto López, M.G., Villarreal, D., Scholz, U. y González, M. 2004. Avances en Nutrición Acuícola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 16-19 Noviembre, 2004. Hermosillo, Sonora, México

et al., 1976 b; **f**-Shigueno & Itoh, 1988; **g**-Chen & Hwang, 1992; **h**-Shiau & Suen, 1994; **i**-Lung, 1991; **j**-Shiau & Lung, 1993; **k**-Shiau & Jan, 1992; **l**-Chen & Chang, 1994; **m**-Catacutan & Lavilla-Pitogo, 1994; **n**-Shiau & Hsu, 1994; **o**-Shiau & Hwang, 1994; **p**-Shiau & Liu, 1994a; **q**-He & Lawrence, 1991; **r**-He & Lawrence, 1993a; **s**-He & Lawrence, 1994; **t**-He & Lawrence, 1993b; **u**- Liang & Ji, 1998- **v**-Shiau & Liu, 1994b; **w**-Lightner et al., 1979

Es importante destacar que el nivel de vitaminas en dietas comerciales puede ser menor que el requerimiento obtenido por experimentos en el laboratorio con dietas semipurificadas o purificadas. Esto se debe al aporte adicional de vitaminas contenidas en ingredientes de la dieta comercial tales como las harinas y aceites.

Resulta evidente que el nivel “aparente” de vitamina requerido por los camarones puede variar según las condiciones de cultivo y las características propias de cada especie (Tacon, 1987).

Las dietas de camarones generalmente se preparan con altas cantidades de vitaminas debido a diferentes razones, entre las que se pueden citar:

- 1) información insuficiente acerca de los requerimientos de vitaminas para camarones,
- 2) los camarones se alimentan lentamente y el alimento permanece en el agua durante varias horas por lo cual las vitaminas hidrosolubles se solubilizan,
- 3) algunas vitaminas se destruyen durante la preparación y almacenaje de la dieta, en especial el ácido ascórbico.

En cuanto a los síntomas observados en camarones alimentados con dietas deficientes en vitaminas se mencionan: branquia negra, anormalidades en el exoesqueleto y problemas asociados con la exuviación; crecimiento de epibiontes principalmente bacterias filamentosas y protozoos ciliados; presencia de bacterias gram+ en la hemolinfa y comportamiento anormal (Sindermann, 1990). Para lograr una buena y saludable producción en el cultivo de camarones es necesario utilizar técnicas de diagnóstico temprano que permitan detectar deficiencias nutricionales. Por ejemplo, la ausencia de algunas vitaminas puede prevenirse midiendo los niveles en hemolinfa y

hepatopáncreas. Este método puede ser mucho mas efectivo que la observación de la apariencia externa, el crecimiento y la supervivencia (Kanazawa, 1997). Actualmente la metodología más utilizada para evaluar la calidad de los nutrientes en crustáceos es determinar el efecto de dichos compuestos sobre la morfología y estructura celular de distintos órganos como hepatopáncreas, branquias y exoesqueleto (Lee et al., 1985). Se registran numerosos trabajos en los que se evaluaron la esencialidad y/o los requerimientos de las vitaminas. Sin embargo, existen escasos trabajos sobre alteraciones histológicas de órganos indicadores de estrés nutricional (Catacutan & de la Cruz, 1989; Reddy et al., 1999a; b; Fernández Gimenez, 2002).

Acción de las Vitaminas Hidrosolubles

Complejo B, colina e inositol

Se incluyen en el complejo B las siguientes vitaminas: tiamina (B₁); riboflavina (B₂); piridoxina, piridoxal y piridoxamina con sus derivados (B₆); cianocobalaminas (B₁₂); ácido pantoténico; biotina; folacina; y niacina. Este grupo de vitaminas funcionan como coenzimas en el metabolismo celular (Poston, ms).

La colina generalmente se clasifica como una vitamina esencial, ocasionalmente es referida como vitamina B₄, vital para el normal metabolismo de los animales. Es un componente importante de los fosfolípidos de lecitina y otros lípidos complejos y es una fuente importante de grupos metilos utilizados en la síntesis de varios metabolitos metilados y es precursor de la acetilcolina. La mayoría de los animales sintetizan colina a partir de metionina dietaria; sin embargo quizás no sea suficiente para cubrir las necesidades metabólicas y fisiológicas del organismo (Wilson & Poe, 1988). Los fosfolípidos de las membranas celulares contienen colina e inositol (función estructural), además funcionan como coenzimas (Conklin, 1997).

Se ha demostrado que la ausencia de vitaminas de la serie B, colina e inositol en la dieta de varias especies de camarones peneidos, produce disminución de la tasa de

Fenucci, Jorge Lino & Analia Fernández Jiménez. 2004. *Acción de las Vitaminas en la Dieta de Camarones Penaeoideos*. In: 130 - Cruz Suárez, L.E., Ricque Marie, D., Nieto López, M.G., Villarreal, D., Scholz, U. y González, M. 2004. Avances en Nutrición Acuicola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuicola. 16-19 Noviembre, 2004. Hermosillo, Sonora, México

crecimiento y supervivencia (Fisher, 1960; Deshimaru & Kuroki, 1979; Bianchini, 1983; Hertrampf, 1991; Akiyama et al., 1992). Además se observaron síntomas tales como irregularidades en el ciclo de muda, cambios en la coloración del cuerpo (Bianchini, 1983) y anomalías del exoesqueleto (Chen & Hwang, 1992).

Vitamina C

El ácido ascórbico o vitamina C es una sustancia muy soluble, que se pierde fácilmente por lixiviación. Es un antioxidante involucrado en varias reacciones bioquímicas en las células tales como, síntesis de colágeno, degradación de tirosina, absorción de hierro y síntesis de adrenalina. El ácido ascórbico se oxida fácilmente a una forma inactiva y por lo tanto al experimentar con animales se puede llegar a conclusiones erróneas determinando un requerimiento aparente mayor que el requerimiento biológico. La utilización de formas químicamente estables como el L-ascorbyl-2 sulfato, L-ascorbyl-2 fosfato y L-ascorbyl-2 polifosfato, reduce en gran medida el requerimiento de esta vitamina (Conklin, 1995).

Se determinó que todas las especies de camarones y langostinos estudiados necesitan vitamina C en la dieta y que su ausencia causa problemas en la síntesis de colágeno (Hunter et al., 1979). La “muerte negra” representa una manifestación externa de la reducción de la síntesis del colágeno, caracterizada por lesiones melanizadas en el exoesqueleto (Hunter et al., 1979; Lightner et al., 1979; Heinen, 1984; Petriella et al., 2002; Catacutan & Lavilla-Pitogo, 1994; D'Abramo et al., 1994; Montoya & Molina, 1995).

La deficiencia de esta vitamina en la dieta de camarones causa además disminución del crecimiento, reducción de la frecuencia de muda o mudas incompletas, disminución de la resistencia al estrés y alta mortalidad (He & Lawrence, 1993a; Xu et al., 1994).

Travis (1955) observó grandes cambios en la morfología y actividad de la enzima fosfatasa alcalina en las células epidérmicas de la langosta espinosa *Panulirus argus* (Latreille) en premuda, lo cual se relaciona con la intervención de la vitamina C en la formación del exoesqueleto de los crustáceos durante el ciclo de muda.

Lightner et al. (1979) determinaron que niveles de 1.000-2000 mg ácido ascórbico/kg dieta son requeridos por *Farfantepenaeus californiensis* (Osbeck) y *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson).

Se realizaron investigaciones sobre el efecto del ácido ascórbico en el crecimiento del camarón argentino *Artemesia longinaris* Bate (Petriella et al., 2002). Se observó que camarones alimentados con dietas con 0,3% y 0,6% de vitamina C en la dieta, presentaron buenos valores de incremento en peso. Determinando además que un aumento en la cantidad de ácido ascórbico produce la hipertrofia y desorganización de ciertos tejidos como el conectivo tegumentario.

Acción de las Vitaminas Liposolubles

Son moléculas hidrofóbicas derivadas del isopreno que tienen diversas funciones. No son sintetizadas en cantidades apreciables por los animales (Mayes, 1997a).

Vitamina A

Vitamina A es un término genérico que abarca al retinol y sus derivados retinal y ácido retinoico. En la naturaleza aparece en dos formas comunes: vitamina A₁ o retinol₁ y A₂ o retinol₂. El término retinoides se utiliza para describir formas naturales y análogos sintéticos del retinol (Mayes, 1997b).

Los carotenos no tienen actividad intrínseca como vitamina A por sí mismos, pero son precursores de esta vitamina. El β caroteno, cuya molécula es simétrica, se escinde produciendo dos moléculas de vitamina A, mientras que otros carotenoides como la astaxantina, producen sólo una. Las provitaminas carotenoides son la principal fuente

alimenticia de vitamina A. Fisher et al.(1957) estiman que la principal fuente de esta vitamina en la dieta natural de los crustáceos es el fitoplancton.

Es posible que la vitamina A desempeñe un papel general en el transporte de calcio a través de ciertas membranas. El ácido retinoico participa en la síntesis de glucoproteínas, función relacionada con el crecimiento y diferenciación de los tejidos (Mayes, 1997b). Esta vitamina, además es necesaria para el mantenimiento de la secreción mucosa de los epitelios del cuerpo (Tacon, 1991).

Hasta el momento se han realizado varias investigaciones para determinar el requerimiento de vitamina A en camarones peneidos (He et al., 1992; He & Lawrence, 1994; Pangantihon-Kuhlmann et al., 1998; Reddy et al., 1999 a,b; Fernández Giménez, 2002).

El principal signo de deficiencia de vitamina A en la dieta de *Litopenaeus vannamei* es el crecimiento lento (He et al., 1992); He & Lawrence (1994) demostraron que la incorporación de por lo menos 130 mg vitamina A/kg dieta (2600 IU/kg) asegura el normal crecimiento de esta especie. Este nivel representa el 50% de la cantidad recomendada por Akiyama et al. (1992) para dietas comerciales de camarón. Liang & Ji (1998) recomiendan entre 40 y 60 mg vitamina A/kg dieta para promover en *Fenneropenaeus chinensis* (Osbeck) una buena supervivencia y un óptimo estado sanitario. Por otra parte, Pangantihon-Kuhlmann et al. (1998) sugieren que es necesaria la suplementación de 20000IU vitamina A/kg a la dieta de *Penaeus monodon*, utilizadas para maduración.

Se evidenciaron signos histopatológicos severos en el hepatopáncreas del camarón argentino *Artemesia longinaris* alimentados con niveles de vitamina A inferiores a 200 mg/kg de dieta (Fernández Gimenez et al., 1999; Fernández Gimenez, 2002). Las alteraciones observadas coinciden con los signos de malnutrición mencionados para otros crustáceos, tales como disminución del tamaño celular, ausencia de

microvellosidades en la porción apical de las células, hipertrofia, descamación de las células, infiltración hemocítica y numerosos casos de encapsulación o nódulos. Es importante destacar que los focos necróticos con infiltración hemocítica, típico signo de daño celular severo, también se produjeron en camarones de la misma especie mantenidos en distintas condiciones de estrés osmótico (Masson, 2001). En el langostino argentino *Pleoticus muelleri* (Bate), los cambios histopatológicos fueron semejantes a los del camarón argentino. Las observaciones indican que un nivel de 180 mg vitamina A/kg de dieta es satisfactorio para mantener la estructura y características morfológicas normales del hepatopáncreas. Sin embargo esta especie no presentó focos de necrosis como respuesta a situaciones de estrés nutricional (Fernández Gimenez, 2002; Fernández Gimenez et al., in press). A partir de los estudios realizados hasta el momento es posible inferir que la vitamina A interviene en el mantenimiento de los epitelios y en la integridad de las membranas celulares y subcelulares de los peneidos tal como ocurre en los vertebrados (Ganguly et al., 1980).

Es evidente que el requerimiento de vitamina A varía ampliamente entre las distintas especies de camarones peneidos; probablemente por diferencias biológicas y ecológicas que determinan tasas metabólicas propias para cada especie.

Dall (1995) sugiere que la suplementación de vitamina A en la dieta de camarones es innecesaria cuando se utilizan como ingredientes aceite de pescado y carotenoides. Esta sugerencia se debe a que el aceite utilizado como fuente de ácidos grasos poliinsaturados contiene elevados niveles de vitaminas liposolubles y los carotenoides se consideran precursores de la vitamina A, tal como ha sido demostrado para otras especies de peneidos (Fisher, 1960; Kitayama et al., 1972; New, 1976; Kanazawa, 1985).

Vitamina D

El colecalfiferol (vitamina D₃) es la forma mas comúnmente encontrada en la naturaleza; el ergosterol está presente en los vegetales y el 7-deshidrocolesterol en animales. El colecalfiferol tiene un rol esencial en el metabolismo del calcio y el fósforo, estimulando la absorción del calcio desde el intestino.

En los crustáceos de agua dulce esta vitamina posiblemente interviene en la formación de gastrolitos; también regula la movilización del calcio entre los distintos tejidos, manteniendo su nivel fisiológico normal en hemolinfa y actúa en la mineralización del exoesqueleto (Conklin, 1983; He et al., 1992).

Originalmente se afirmaba que la vitamina D no era metabólicamente importante para los crustáceos, porque otros factores endócrinos presentes en el organismo y la disponibilidad de calcio en el ambiente, se creían suficientes para el metabolismo del calcio y fósforo. Sin embargo, varios autores afirmaron que la vitamina D es importante en la dieta de los crustáceos (Kanazawa, 1985, He et al., 1992). La ausencia de colecalfiferol en la dieta de *Litopenaeus vannamei* produce falta de apetito y la incorporación de 20 mg /kg dieta (8.000 IU/kg) demostró ser óptima para la supervivencia de esta especie en cultivo (He et al., 1992). Estudios adicionales son necesarios para detallar el rol de la vitamina D en la regulación mineral de los camarones peneidos.

Vitamina E

Conocida con el nombre de tocoferol, en la naturaleza se encuentra en varias formas, pero la de mayor actividad es el α tocoferol. La vitamina E es sintetizada sólo por las algas y los vegetales, siendo las primeras la fuente natural de este compuesto para los crustáceos (Conklin, 1997). Esta vitamina es uno de los antioxidantes naturales más importantes, constituyendo la primera línea de defensa contra la peroxidación de los ácidos grasos poliinsaturados de los fosfolípidos y el colesterol de las membranas

Fenucci, Jorge Lino & Analia Fernández Jiménez. 2004. *Acción de las Vitaminas en la Dieta de Camarones Penaeoideos*. In: 136 - Cruz Suárez, L.E., Ricque Marie, D., Nieto López, M.G., Villarreal, D., Scholz, U. y González, M. 2004. Avances en Nutrición Acuícola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 16-19 Noviembre, 2004. Hermosillo, Sonora, México

celulares y subcelulares. Esta vitamina cumple también una función estructural en las membranas y tiene influencia sobre el metabolismo del ácido araquidónico y otros ácidos grasos insaturados (Frigg et al., 1990).

El α -tocoferol acetato es la forma más utilizada en dietas comerciales para peces y crustáceos en cultivo. La porción acetato es hidrolizada durante la digestión y la porción activa α -tocoferol se incorpora a los lípidos de las membranas celulares, actuando como antioxidante (Hung et al., 1982; Bjorneboe et al., 1990). El tocoferol y el selenio actúan sinérgicamente contra la peroxidación de lípidos (Mayes, 1997b).

Respecto de los requerimientos de vitamina E, se han realizado numerosas investigaciones; en las cuales se evaluó el efecto de distintas dosis de tocoferol en la dieta de camarones peneidos (Kanazawa, 1985; Cahu & Fakhfakch, 1990; He et al., 1992; He & Lawrence, 1993b; Cahu et al., 1995; Hsu & Shiau, 1999; Reddy et al., 1999a; Fernández Gimenez, 2002).

Resulta dificultoso comparar los requerimientos de vitamina E de las distintas especies de camarones peneidos, debido a diferencias en las condiciones experimentales. Es importante tener en cuenta la concentración de lípidos en la dieta. Se ha demostrado en crustáceos, que el requerimiento de vitamina E se incrementa conforme aumenta el nivel de ácidos grasos poliinsaturados de la dieta (Cahu et al., 1991). El requerimiento también varía de acuerdo a la presencia de otros factores antioxidantes (Hung et al., 1981). La incorporación de aceites de buena calidad a las dietas protege a los lípidos durante la manufactura y el almacenaje y aparentemente disminuye el requerimiento de vitamina E en peces (Murai & Andrews, 1974; Hung et al., 1981).

Varios trabajos han demostrado que las vitamina E y C, el selenio y los carotenoides actúan sobre el sistema inmune incrementando la resistencia a las enfermedades en especies acuáticas cultivables (Christer et al., 1992; Guzman, 1993; Kanazawa, 1996).

Este hecho es muy importante considerando que las enfermedades en un stock de cultivo de camarones, especialmente las de origen viral, pueden causar grandes pérdidas (Lawrence & Lee, 1997).

Para *Litopenaeus vannamei* se determinó un requerimiento óptimo de 99 mg vitamina E/kg dieta (He & Lawrence, 1993b), nivel significativamente menor que 300 mg/kg, previamente recomendado por Akiyama et al. (1992) para la formulación de dietas comerciales. Para la maduración de las hembras de *Fenneropenaeus indicus* (Milne Edwards) se ha determinado un requerimiento de 300 mg/kg dieta (Cahu & Fakhfakch, 1990).

Reddy et al. (1999a) observaron falta de apetito y una baja tasa de conversión alimentaria en ejemplares de *Penaeus monodon* alimentados con dietas sin vitamina E. Tanto Kanazawa (1985), trabajando con *Marsupenaeus japonicus* como He et al. (1992) con *Litopenaeus vannamei*, notaron un oscurecimiento del hepatopáncreas de los camarones como signo de ausencia de vitamina E.

Investigaciones realizadas con el camarón argentino *Artemesia longinaris*, demostraron que los camarones alimentados con una dieta suplementada con 1500 mg vitamina E/kg diet, presentaron muy buenos valores de incremento en peso y supervivencia. Coincidentemente con estos valores se constató el funcionamiento normal del hepatopáncreas a partir de observar la morfología e histología normal del órgano (Fernández Gimenez, 2002). Se determinó un requerimiento de 1750 mg vitamina E/kg dieta para el langostino argentino *Pleoticus muelleri*, a partir de observar que este nivel de vitamina en la dieta asegura óptimos valores de crecimiento, supervivencia y conserva la funcionalidad del hepatopáncreas (Fernández Gimenez, 2002; Fernández Gimenez et al., in press).

Vitamina K

Hasta el momento no hay evidencias de que la vitamina K sea esencial en la dieta de crustáceos. He et al. (1992) no observaron efectos negativos en el crecimiento y supervivencia de *Litopenaeus vannamei*, cuando los ejemplares fueron alimentados con una dieta sin vitamina K. Akiyama et al. (1992) recomienda la adición de solo 5 mg/kg de menadiona en dietas comerciales para camarones. La utilización de la menadiona sintética, requiere de una consideración especial, ya que hay que tener en cuenta que esta forma de vitamina K es hidrosoluble y se produce lixiviación cuando el alimento permanece en el agua.

Agradecimientos

Algunos de los resultados del presente trabajo forman sido financiados por PICT 97-07-00000-01414 y PICT 2000-2001-8-8615 de Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica y la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Literatura Citada

- Akiyama D.M. & Chiang N.L.M. (1989) Shrimp feed requirements and feed management. Proceedings of the Southeast Asia shrimp farm. *Soybeans* 72-85.
- Akiyama D.M.; Dominy W.G. & Lawrence A.L. (1992) Penaeid shrimp nutrition. In: *Marine shrimp culture: Principles and Practices*. (eds. by E.W Fast & L.J. Lester). pp. 535-568. Elsevier Science Publishers, B.V. Amsterdam, The Netherlands.
- Alava V.R.; Kanazawa A.; Teshima S. & Koshio S. (1993) Effect of dietary vitamins A, E, and C on ovarian development of *Penaeus japonicus*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **59**, 1235-1241.
- Bianchini M. (1983) Influenza di alcune diete sull'accrescimento di postlarve di *Penaeus kerathurus*. *Quad. Ist. Idrobiol. "G. Brunelli"*, **3(1)**, 9-26.
- Bjorneboe A.; Bjorneboe G.A. & Drevon C.A. (1990) Absorption, transport and distribution of vitamin E. *Journal of Nutrition*, **120**, 233-242.
- Brown P.B. (1995) A review of nutritional research with crayfish. *Journal of Shellfish Research*, **14**, 561-568.
- Cahu C., Cuzon G. & Quazuguel P. (1995) Effect of highly unsaturated fatty acids, alpha-tocopherol and ascorbic acid in broodstock diet on egg composition and development of *Penaeus indicus*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, **112A**, N°3/4, 417-424.
- Cahu C.; Villette M.; Quazuguel P. & Guillaume J. (1991) The effect of n-3 highly unsaturated fatty acid and vitamin E supplementation in broodstock feed on reproduction of *Penaeus indicus*. *Fish Nutrition in Practice, Biarritz (France)*, June 24-27, Ed. INRA, Paris, **61**, 589-598.
- Cahu C. & Fakhfakch M. (1990) Effect of dietary vitamin E on reproduction of penaeid shrimp. I. *Zootechnical results*. Aquaculture 90, Halifax, Canada.
- Catacutan M.R. & de la Cruz M. (1989) Growth and midgut cells profile of *Penaeus monodon* juveniles fed water-soluble vitamin deficient diets. *Aquaculture*, **81**, 137-144.
- Catacutan M.R. & Lavilla-Pitogo C.R. (1994) L-ascorbyl-2-phosphate Mg as a source of vitamin C for juvenile *Penaeus monodon*. *Israeli Journal of Aquaculture*, **46**, 40-47.
- Chen H. & Chang C. (1994) Quantification of vitamin C requirements for juvenile shrimp (*Penaeus monodon*) using polyphosphorylated- L- ascorbic acid. *Journal of Nutrition*, **124**, 2033-2038.
- Chen H.; Wu F. & Tang S. (1991) Thiamin requirement of juvenile shrimp (*Penaeus monodon*). *Journal of Nutrition*, **121**, 1984- 1989.
- Chen H. & Hwang G. (1992) Estimation of the dietary riboflavin required to maximize tissue riboflavin concentration in juvenile shrimp (*Penaeus monodon*). *Journal of Nutrition*, **122**, 2474-2478.
- Christer O.J.; Wasterdahl A.; Conway P.L. & Kjellerberg S. (1992) Intestinal potential of turbot (*Scophthalmus maximus*) and dab (*Limanda limanda*) associated bacterial with inhibitor effects against *Vibrio anguillarum*. *Applied and Environmental Microbiology*, **58**, 551-556.
- Conklin D.E. (1983) The role of micronutrients in the biosynthesis of the crustacean exoskeleton. In: *Proceedings of the Second International Conference on Aquaculture Nutrition: Biochemical and Physiological Approaches to Shellfish Nutrition. Special Publication N°2* (eds. by G.D. Pruder; C. Landgon & D. Conklin), pp. 146-157, Baton Rouge, Louisiana.

- Conklin D.E. (1995) Digestive physiology and nutrition. In: *Biology of the lobster Homarus americanus* (ed. by J.R. Factor), 16, 441-463. Academic Press.
- Conklin D.E. (1997) Vitamins. In: *Crustacean Nutrition. Advances in World Aquaculture Society* (eds. by L.R. D'Abramo; D.E. Conklin & D.M. Akiyama), 6: 123-149, Baton Rouge, Louisiana, USA.
- Conklin D.E. & Provasoli L. (1977) Nutritional requirements of the water flea *Moina macrocopa*. *Biological Bulletin*, **152**, 337-350.
- Conklin D.E.; D'Abramo L.R.; Bordner C.E. & Baum N.A. (1980) A successful purified diet for the culture of juvenile lobsters: the effect of lecithin. *Aquaculture*, **21**, 243-249.
- D'Abramo L.R. & Baum N.A.L. (1981) Choline requirement of the microcrustacean *Moina macrocopa*: a purified diet for continuous culture. *Biological Bulletin*, **161**, 357-365.
- D'Abramo L.R.; Moncreiff C.A.; Holcomb F.P.; Montañés J.L. & Buddington R.K. (1994) Vitamin C requirement of the juvenile freshwater prawn, *Macrobrachium rosebergii*. *Aquaculture*, **128**, 269-275.
- D'Abramo L.R. & Sheen S. (1994) Nutritional requirements feed formulation, and feeding practices for intensive culture of the freshwater prawn *Macrobrachium rosebergii*. *Reviews in Fisheries Sciences*, **2**, 1-21.
- Dall W. (1995) Carotenoids versus retinoids (vitamin A) as essential growth factors in penaeid prawns (*Penaeus semisulcatus*). *Marine Biology*, **124**, 209-213.
- Deshimaru O. & Kuroki K. (1976) Studies on a purified diet for prawn- VII: Adequate dietary levels of ascorbic acid and inositol. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, **42**, 571-576.
- Deshimaru O. & Kuroki K. (1979) Studies on purified diet for prawn XIV. Requirement of prawn for dietary thiamine pyridoxine and choline chloride. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, **45**, 363-367.
- Fernández Gimenez A.V.; Petriella A.M. & Fenucci J.L. (1999) Hepatopancreas cells profile of *Artemesia longinaris* Bate (Crustacea, Decapoda) fed with different levels of vitamin A. *Biocell* **23**(1), A:27.
- Fernández Gimenez A.V. (2002) Requerimiento de vitaminas liposolubles A y E en la dieta del camarón *Artemesia longinaris* Bate, 1888 y el langostino *Pleoticus muelleri* (Bate, 1888). Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires, Argentina, 185pp.
- Fernández Gimenez A.V.; Fenucci J.L. & Petriella A.M. (In press) The effect of vitamin E on growth, survival and hepatopancreas structure of the Argentine red shrimp *Pleoticus muelleri* Bate (Crustacea, Penaeoidea). *Aquaculture Research*.
- Fisher L.R. (1960) Vitamins. In: *Physiology of crustacean* (ed. by T.H. Waterman), pp. 259-289. Academic Press, New York, USA.
- Fisher L.R.; Kon S.K. & Thompson S.Y. (1957) Vitamin A and carotenoids in certain invertebrates- VI, Crustacea, Penaeidae. *J.Mar.Biol.Ass.U.K.*, **36**, 501-507.
- Frigg M.; Prabucki A.L. & Ruhdel E.V. (1990) Effect of vitamin E levels on oxidative stability of trout filets. *Aquaculture*, **84**, 145-158.
- Ganguly J.; Rao M.R.S.; Murthy S.R. & Sarada K. (1980) Systemic mode of action of vitamin A. *Vitamins and hormones*, **38**, 1-54.
- Guary J.C.; Kayama M.; Murakami Y. & Ceccaldi H. (1976a) The effect of a fat-free diet and compounded diets supplemented with various oils on moult, growth and fatty acid composition of prawn, *Penaeus japonicus* Bate. *Aquaculture*, **7**(3), 245-254.
- Guary M.; Kanazawa A.; Tanaka N. & Ceccaldi H.J. (1976b) Nutritional requirement of prawn. VI. Requirement for ascorbic acid. *Memoirs of the Faculty of Fisheries, Kagoshima University*, **25**, 53-57.
- Guzman G.A. (1993) Aplicación de prebióticos en la acuicultura. In: *Memorias del Primer symposium internacional de nutrición y tecnología de alimentos para acuicultura*. (eds. by L.E. Cruz-Suarez; D.R. Marie & R.M. Alfaro). pp. 321-328 Programa Maricultura., Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- He H. & Lawrence A.L. (1991) Estimation of dietary pyridoxine requirements for the shrimp, *Penaeus vannamei*. 22 nd annual Conference and Exposition, World Aquaculture Society, San Juan, Puerto Rico, June, 16-20, 1991 (Abstract).

- He H. & Lawrence A.L. (1993a) Vitamin C requirements of the shrimp *Penaeus vannamei*. *Aquaculture*, **114**, 305-316.
- He H. & Lawrence A.L. (1993b) Vitamin E requirement of *Penaeus vannamei*. *Aquaculture*, **118**, 245-255.
- He H. & Lawrence A.L. (1994) Effects of dietary vitamins A and D3 on growth and survival of *Penaeus vannamei*. Book of Abstracts World Aquaculture'94; New Orleans, Louisiana, USA, 112.
- He H.; Lawrence A.L. & Liu R. (1992) Evaluation of dietary essentiality of fat-soluble vitamins, A, D, E and K for penaeid shrimp *Penaeus vannamei*. *Aquaculture*, **103**, 177-185.
- Heinen J.M. (1984) Nutritional studies on the giant asian prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. PHD dissertation. Boston University, Boston, Massachusetts, USA.
- Hertrampf J.W. (1991) Feeding aquatic animals with phospholipids. I. Crustacean. Publication N°8, Lucas Meyer, 35pp.
- Hsu T-S & Shiau S-Y. (1999) Tissue storage of vitamin E in grass shrimp *Penaeus monodon* fed dietary DL- α -tocopheryl acetate. *Fisheries Science*, **65(1)**, 169-170.
- Hung S.S.O.; Cho C.Y. & Slinger S.J. (1981) Effect of oxidized fish oil, dl- α -tocopheryl acetate and etoxyquin supplementation on the vitamin E nutrition of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) fed practical diets. *Journal of Nutrition*, **111**, 648-657.
- Hung S.S.O.; Moon T.W.; Hilton J.W. & Slinger S.J. (1982) Uptake, transport and distribution of dl- α -tocopheryl acetate compared to d- α -tocopherol in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Journal of Nutrition*, **112**, 1590-1599.
- Hunter B.; Margarelli P.; Lightner D. & Colvin L. (1979) Ascorbic-dependent collagen formation in penaeid shrimp. *Comparative Biochemistry and Physiology*, **64(B)**, 381-385.
- Kanazawa A. (1985) Nutrition of penaeid prawn and shrimp. In: *Proceedings of the First International Conference on Culture of Penaeid prawn/Shrimp Aquacult.* (eds. by Y. Taki; L.H. Primavera & J.A. Lobera), pp.123-130, Dept., Southeast Asian Fish. Dev. Center, Iloilo, Philippines.
- Kanazawa A. (1996) Review of shrimp Nutrition Conference. Kagoshima. In: *Proceedings of the 1996 World Aquaculture Society meeting*, Bangkok, Thailand, 222A.
- Kanazawa A. (1997) Research in Asia. In: *Crustacean Nutrition. Advances in World Aquaculture Society* (eds. by L.R. D'Abramo; D.E. Conklin & D.M. Akiyama), 6: 553-565, Baton Rouge, Louisiana, USA.
- Kanazawa A.; Teshima S. & Tanaka N. (1976) Nutritional requirements of prawn. V.- Requirements for choline and inositol. *Memoirs of the Faculty of Fisheries, Kagoshima University*, **25**, 47-51.
- Kitabayashi K.; Kurata H.; Shudo K.; Nakamura K. & Ishikawa S. (1971) Studies on formula feeds for Kuruma prawn:- On the relationship among glucosamine, phosphorus and calcium. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, **65**, 91-107.
- Kitayama T.; Kamata T.; Shimaya M.; Deshimaru O. & Chichester C.O. (1972) The biosynthesis of astaxanthin-VIII: the conversion of β -carotene-15,15'-3H₂ into astaxanthin in the prawn, *Penaeus japonicus*. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, **38**, 1171-1175.
- Lawrence A.L. & Lee P.G. (1997) Research in the Americas. In: *Crustacean Nutrition. Advances in World Aquaculture Society* (eds. by L.R. D'Abramo; D.E. Conklin & D.M. Akiyama), **6**, 566-587. Baton Rouge, Louisiana, USA.
- Lee B-J.; Sis R.F.; Lewis D.H. & Marks J.E. (1985) Histology of selected organs of the crawfish *Procambarus clarkii* maintained at various temperatures and levels of calcium and ammonia. *Journal of the World Mariculture Society*, **16**, 193-204.
- Liang M. & Ji W. (1998) Study on nutritional requirement of vitamin A for Chinese prawn *Penaeus chinensis* larva. *Marine Fisheries Resources*, **19(1)**, 86-90.
- Lightner D.V.; Hunter B.; Magarelli P.C.J. & Colvin L.B. (1979) Ascorbic acid: nutritional requirement and role in wound repair in penaeid shrimp. *Proceedings of the World Mariculture Society*, **10**, 513-528.
- Lung C.Q. (1991) Vitamin B₁₂ and folic acid requirements of *Penaeus monodon* and vitamin B₁₂ requirement of tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*). Masters Thesis National Taiwan Ocean University, Keelung, Taiwan.

- Masson I. (2001) Efecto del estrés osmótico sobre la morfología funcional del hepatopáncreas de *Artemesia longinaris* Bate (Crustacea, Decapoda). Tesis de grado de la Licenciatura en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata, 41 pp.
- Mayes P.A. (1997a) Estructura y función de las vitaminas hidrosolubles. En: *Bioquímica del Harper. El manual moderno* (ed. by A.L. Gamboa), pp. 705-722. México.
- Mayes P.A. (1997b) Estructura y función de las vitaminas liposolubles. En: *Bioquímica del Harper. El manual moderno* (ed. by A.L. Gamboa), pp. 723-734. México.
- Montoya N. & Molina C. (1995) Optimum supplemental level of L-ascorbyl-2-phosphate-Mg to diet for white shrimp *Penaeus vannamei*. *Fisheries Science*, **61**, 1045-1046.
- Murai T. & Andrews J.W. (1974) Interactions of dietary α -tocopherol, oxidized menhaden oil and etoxyquin on channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Journal of Nutrition*, **104**, 1416-1431.
- National Research Council (NRC) (1983). Nutrient requirement of warmwater fishes and shellfishes. Acad. Press, Washington, D.C., USA.
- New M.B. (1976) A review of dietary studies with shrimp and prawn. *Aquaculture*, **9**, 101-104.
- Pangantihon-Kuhlmann M.P.; Millamena O. & Chern Y. (1998) Effect of dietary astaxanthin and vitamin A on the reproductive performance of *Penaeus monodon* broodstock. *Aquatic Living Resources*, **11(6)**, 403-409.
- Petriella A.M.; Magdalena R. & Fenucci J.L. (2002) Effect of dietary ascorbic acid on the growth of argentine prawn *Artemesia longinaris* Bate (Crustacea, Decapoda). *Journal of Aquaculture in the Tropics*, **17(2)**, 135-144.
- Ponat A. & Adelung D. (1980) Studies to establish an optimum diet for the decapod crab *Carcinus maenas* (L.) under culture conditions. *Marine Biology*, **44**, 287-292.
- Ponat A. & Adelung D. (1983) Studies to establish an optimal diet for *Carcinus maenas*. 3. Vitamin and quantitative lipid requirements. *Marine Biology*, **74**, 275-279.
- Poston H.A. ms. Vitamin requirements of finfishes: a review. Information service. Animal Nutrition Department. Roche.
- Provasoli L. & D'Agostino A. (1969) Development of artificial media for *Artemia salina*. *Biological Bulletin*, **136**, 434-453.
- Reddy H.R.V.; Ganapathi Naik M. & Annappaswa-My T.S. (1999a) Evaluation of the dietary essentiality of vitamins for *Penaeus monodon*. *Aquaculture Nutrition*, **5(4)**, 267-275.
- Reddy H.R.V.; Rai A. & Annappaswamy T.S. (1999b) Essential vitamins for juvenile white shrimp, *Penaeus indicus*. *Israeli Journal of Aquaculture*, **51(3)**, 122-133.
- Shiau S-Y. & Hsu T.S. (1994) Vitamin C requirement of grass shrimp *Penaeus monodon* as determined with L-ascorbyl-2-monophosphate. *Aquaculture*, **122**, 347-357.
- Shiau S. & Hwang J. (1994) The dietary requirement of juvenile grass shrimp (*Penaeus monodon*) for vitamin D. *Journal of Nutrition*, **124**, 2445-2450.
- Shiau S-Y. & Jan F.L. (1992) Ascorbic acid requirements of grass shrimp *Penaeus monodon*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **58**, 363.
- Shiau S-Y. & Liu J-S. (1994a) Estimation of the dietary vitamin K requirement of juvenile *Penaeus chinensis* using menadione. *Aquaculture*, **126**, 129-135.
- Shiau S-Y. & Liu J-S. (1994b) Quantifying the vitamin K requirement of juvenile marine shrimp (*Penaeus monodon*) with menadione. *Journal of Nutrition*, **124**, 277-282.
- Shiau S-Y. & Lung Ch-Q. (1993) Estimation of the vitamin B12 requirement of the grass shrimp, *Penaeus monodon*. *Aquaculture*, **117**, 157-163.
- Shiau S-Y & Suen G. (1994) The dietary requirement of juvenile grass shrimp (*Penaeus monodon*) for niacin. *Aquaculture*, **125**, 139-145.
- Shigeno K. & Itoh S. (1988) Use of mg-L- ascorbyl-2-phosphate as a vitamin C source in shrimp diets. *Journal of the World Aquaculture Society*, **19**, 168-174.
- Sindermann C.J. (1990) Principal diseases of marine fish and shellfish. Vol. 2. Academic Press, San Diego, 2^oed., 495pp.
- Tacon A.G.J. (1987) The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp-A training manual. 1- The essential nutrients. FAO support to the Regional Aquaculture Activities for Latin America and the Caribbean Proyect GCP/RLA/075/ITA. Brasilia, Brasil, 208pp.
- Fenucci, Jorge Lino & Analia Fernández Jiménez. 2004. *Acción de las Vitaminas en la Dieta de Camarones Penaeoideos*. In: 143 - Cruz Suárez, L.E., Ricque Marie, D., Nieto López, M.G., Villarreal, D., Scholz, U. y González, M. 2004. Avances en Nutrición Acuicola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuicola. 16-19 Noviembre, 2004. Hermosillo, Sonora, México

- Tacon A.G.J. (1991) Vitamin nutrition in shrimp and fish. In: Akiyama, D.M. and Tan (eds.). *Proceedings of the Aquaculture feed processing and nutrition Workshop*. Thailand and Indonesia, 10-41.
- Travis D.F. (1955) The molting cycle of the spiny lobster *Panulirus argus* Latreille. II. Pre-ecdysial histological and histochemical changes in the hepatopancreas and integumental tissues. *The Biological Bulletin, Marine Biological Laboratory, Woods Hole*, **108**, 88-112.
- Wilson R.P. & Poe W.E. (1988) Choline nutrition of fingerling channel catfish. *Aquaculture*, **68**, 65-71.
- Xu Z.; Lin T.; Lei Q. & Li A. (1994) Studies on vitamin nutrition for the prawn *Penaeus chinensis*. 5. Nutritional studies on prawn, *Penaeus chinensis*, for vitamin C. *J. Ocean. Univ. Qingdao*, **24(3)**: 364-372.