

Avances en el Requerimiento de Vitaminas en Peces Marinos

María Cristina Chávez Sánchez

Unidad Mazatlán en Acuicultura y Manejo Ambiental del
Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.

E-mail: marcris@ciad.mx

Resumen

A escala global se están realizando esfuerzos por cultivar diversas especies de peces marinos con el objeto de tratar de cubrir la demanda de proteína del futuro. Uno de los problemas que enfrenta este objetivo es contar con alimentos adecuados que cubran los requerimientos nutricionales de cada una de las etapas de crecimiento de las especies que se pretende llevar a escala comercial. La mayoría de los esfuerzos de investigación en nutrición de peces marinos se centra principalmente en las proteínas y los ácidos grasos esenciales, y muy poco se ha hecho en cuanto a vitaminas y minerales. La falta de conocimiento en el requerimiento ocasiona que se usen las dietas de otros peces tratando de cubrir las necesidades nutricionales de la especie. En el caso de las vitaminas, la más estudiada es la vitamina C debido a su alta inestabilidad. Se demuestra en base a estudios realizados con diversas especies, que los requerimientos de vitamina C para juveniles con pesos de 3 a 30 g, varía de 15 a 118 mg kg⁻¹ de AA basado preferentemente en ganancia de peso, por lo que no es factible usar el mismo requerimiento para todas ellas. Este trabajo tiene como fin, sin querer ser una revisión exhaustiva de los requerimientos conocidos de vitaminas en peces marinos, mencionar algunos de ellos y hacer hincapié en la importancia que tiene el seguir realizando dichos estudios pues aunque parezca en muchas ocasiones trillado el camino de la investigación para conocer los requerimientos y que pareciera que ya no se van a encontrar nuevos conocimientos, se siguen obteniendo nuevos hallazgos sobre el papel de cada una de ellas.

Palabras clave: *vitaminas, peces marinos*

De acuerdo a la FAO (2012) en 2011 se cosecharon por acuicultura 19.3 millones de toneladas de organismos marinos en el mundo. La producción global continúa creciendo en este milenio de tal manera que en 2010 registró otro record alcanzando los 60 millones de toneladas (sin contar las plantas acuáticas y productos no alimentarios). Dentro de estas estadísticas está el cultivo de peces marinos, los cuáles han tenido un rápido crecimiento con una tasa anual de 9.3% de 1990 a 2010, especialmente los salmónidos que incrementaron su producción de 278,000 toneladas en 1990 a 1.5 millones de toneladas en 2010. Pero también hubo incrementos importantes en especies tales como las seriolas, pargos, grñidores, meros, tambores, mujilidos, turbot, diferentes especies de peces planos, cobia, pámpano, bacalao, peces globo y atunes. En total en 2010 se produjeron 1.8 millones de toneladas de peces marinos, cifra que representa el 1.3% del total FAO (2012). No obstante este bajo porcentaje, se ve al cultivo de peces marinos como una acuicultura naciente y prometedoras debido a que en un futuro cercano se ve la escasez de agua dulce en muchas partes del mundo y debido a ello se están haciendo esfuerzos por conseguir el cultivo de diversas especies marinas que permitan coadyuvar en cubrir la demanda de proteínas del futuro.

Sin embargo, el cultivo de peces marinos representa retos en muchas aristas, uno de ellos es el contar con alimentos adecuados, especialmente en las etapas de larvas y reproductores. La etapa más difícil del cultivo de peces marinos es la larvaria y el éxito depende en gran porcentaje de controlar la calidad nutricional de los primeros estadios así como de proporcionar a los reproductores un régimen alimenticio que cubra todos sus requerimientos para una buena producción de huevo y larvas (Hernández-Palacios e Izquierdo (1997)). Por lo anterior, para lograr el cultivo de las diferentes especies que se consideran con potencial de cultivo, se requiere del estudio de los requerimientos nutricionales en las fases importantes de desarrollo de los diferentes nutrientes tales como proteínas, ácidos grasos esenciales, minerales y vitaminas. La literatura reporta importante número de avances en la descripción de los requerimientos de proteínas y ácidos grasos de diferentes especies de peces marinos, sin embargo en cuanto a vitaminas y minerales todavía es muy escasa y la mayoría de los estudios se realizan en juveniles pequeños (3 a

15 gramos) por lo que la información obtenida no se puede extrapolar a larvas de primera alimentación exógena o a reproductores.

En el caso de las vitaminas la información más abundante es la de la vitamina C, especialmente por su alta inestabilidad en los alimentos y el papel importante en diversos roles de la función de los peces. Sin embargo las demás vitaminas solubles en agua y las vitaminas liposolubles no dejan de ser igual de importantes. La mayoría de los acuicultores al desconocer los requerimientos nutricionales de vitaminas y minerales utilizan los valores que se proporcionan en dietas balanceadas de otros peces, esperando que éstas sean suficientes para cubrir la demanda de la especie en cuestión. Por ejemplo se conoce poco del papel de las vitaminas solubles en grasa durante la ontogenia de los peces marinos y en la mayoría de las ocasiones de conocerse se proporcionan los mismos requerimientos que a juveniles (Hamre *et al.*, 2010). Este desconocimiento puede ocasionar o alto costo en el alimento por incremento en la cantidad de vitaminas solubles en agua e intoxicación por exceso en vitaminas solubles en grasa o bien si se proporciona una cantidad menor a la requerida presentar signos clínicos de deficiencia ya sean crónicos o agudos dependiendo de la deficiencia. Cuando la deficiencia es crónica puede ser enmascarada por enfermedades infecciosas al deprimirse el sistema inmunológico y nunca saber que el problema principal es una carencia de uno o más nutrientes.

Este trabajo tiene como fin, sin querer ser una revisión exhaustiva de los requerimientos conocidos de vitaminas en peces marinos, mencionar algunos de ellos y hacer hincapié en la importancia que tiene el seguir realizando dichos estudios pues aunque parezca en muchas ocasiones trillado el camino de la investigación para conocer los requerimientos y que pareciera que ya no se van a encontrar nuevos conocimientos, se siguen obteniendo nuevos hallazgos sobre el papel de cada una de ellas. Por ejemplo se ha observado por primera vez que la vitamina D3 es importante para el desarrollo ontogénico del sistema digestivo de las larvas (Dariasa *et al.*, 2010), o bien hay que elucidar aspectos como ¿porqué a veces la Vitamina E indica que es necesaria para promover el sistema inmunológico y en ocasiones parece que no es así?

Tomando como ejemplo los estudios de vitamina C (Ácido Ascórbico AA) que son los más abundantes en el caso de los peces marinos, se muestran en la Tabla 1, los requerimientos obtenidos en 11 especies de peces marinos y como se observa, los estudios se llevaron a cabo en juveniles que variaron de 3 a 30 gramos y cuyos requerimientos variaron de 15 a 118 mg kg⁻¹ de AA basado preferentemente en ganancia de peso. Con excepción de los peces que pesaron 17.82 y 30 g al inicio de los experimentos los demás se encontraron entre los 3 y los 12 gramos por lo que podríamos considerar que son de un grupo de peso semejante, sin embargo las variaciones en el requerimiento siguen siendo muy importantes. Esto indica que no se pueden utilizar fácilmente los requerimientos de una especie para alimentar a otra diferente porque aparte de las condiciones experimentales, las materias primas utilizadas y su calidad, las especies tienen diferentes hábitos alimenticios, diferentes condiciones fisiológicas y por lo tanto diferentes requerimientos. Este no solo es el caso para la vitamina C sino para todos los nutrientes. Sin embargo, es posible que los requerimientos de algunas especies sean similares a los de otras, por ejemplo se menciona que para la lobina de mar (*Dicentrarchus labrax*) la dieta para salmones mencionada en NCR (1993) cubre los requerimientos de la especie (Webster y Lim 2002).

Tabla 1. Datos comparativos de requerimientos de ácido ascórbico para diferentes especies de peces marinos basado en ganancia de peso, concentración de ácidos ascórbico en hígado y aparición de primeras señales de signos de deficiencia.

Especies	Forma de	Requerimient	Requerimiento	Primera	Referencia
Nombre	vitamin C	o de AA mg	AA mg kg⁻¹	aparición de	
común	usada y su	kg⁻¹ basado	basado en	señales clínicas	
Peso inicial	equivalente en	en ganancia de	concentración	de deficiencia	
Tiempo	AA mg kg⁻¹	peso	hepática		
Experimental					
<i>Lates calcarifex</i>	L-ascorbyl-2-	500-700 mg	Crecimiento	15 días	Boonyaratpa
<i>Barramundi</i>	monophosphat		normal	Hemorragias,	lin 1994 in :
Asian sea bass	e			distorsión	Webster and
Crías	(AMP),	1100 mg	Para	filamentos	Lim 2002
60 days			almacenamiento	branquias,	
				opreculos cortos,	
				exophtahlmia,	

				escoliosos, lordosis	
<i>Sparus aurata</i> (seabream)	Ascorbyl polyphosphate	25	-----	8 ^{ava} semanas	Henrique <i>et al.</i> (1998)
9 g	0, 25, 50, 100,			más oscura,	
12 semanas	200			pérdida de equilibrio	
<i>Sciaenops ocellatus</i> (Red drum)	Ascorbate polyphosphate	15 ± 3	No detected	8 ^{ava} semanas	Aguirre & Gatlin, (2001)
3.6	0, 10, 20, 30, 45, 60, 75, or 150			Reducción en peso, lordosis, escoliosis, pérdida de equilibrio	
<i>Paralichthys olivaceous</i> (Olive flounder)	L-ascorbyl-2- polyphosphate (LAPP).	93	150	12 ^{ava} semana	Wang <i>et al.</i> (2002)
3 g	0, 25, 50, 75, 150,1500			Anorexia, escoliosis, cataratas, exophthalmia, erosion aletas	
12 semanas					
<i>Oplegnathus fasciatus</i> (Parrot fish)	L-ascorbyl-2- monophosphat e (AMP),	118	-----	3a semana	Wang <i>et al.</i> (2003a)
3.9 g	0, 60, 120, 240, 480 and 2000			Reducción crecimiento, obscurecimient o, anorexia, hígado con severa atrofia, alta mortalidad	
11 semanas					
<i>Sebastes schlegeli</i> (Korean rockfish)	AMP-Na/Ca AMP-Ca,	106	No se logró meseta	9a semana	Wang <i>et al.</i> (2003b)
3.1.g-	0, 50, 100, 200, 400, and 800	101 AMP- Na/Ca		Anorexia, nado errático, color ibscuro en piel,	
12 semanas		112 of AMP- Ca		reducción crecimiento	
<i>Lateolabrax japonicus</i> (Japanese seabass)	L-ascorbyl-2- polyphosphate (LAPP).	47.6	53.5 crecimiento	8 ^{ava} semana	Ai <i>et al.</i> (2004)
	0.0, 12.2, 23.8,	53.5	93.4 conc. en hígado	escoliosis, lordosis,	
			207 conc. en	erosión de	

6.26 g	47.6, 89.7,		músculo	aletas	
8 semanas	188.5 and 489.0			alta mortalidad	
<i>Epinephelus malabaricus</i> (Grouper)	L-ascorbyl-2- sulphate (C2S)	46	No se logró meseta	----- --	Lin & Shiau, (2005)
7.58 g- 8 semanas	7, 16, 28, 55, 86, 142 L-ascorbyl-2- polyphosphate (C2PP), 4, 9, 15, 31, 49, 75				
<i>Pseudosciaen a crocea</i> (Yellow cracker)	L-ascorbyl-2- polyphosphate (LAPP).	23.8 basado en tasa de supervivencia	87	No hubo señales clínicas de deficiencia. Sobrevivencia aumentó con aumento de vit C	Ai <i>et al.</i> (2006)
17.82 g 8 semanas	0.1, 12.2, 23.8, 47.6, 89.7, 188.5 and 489.0				
<i>Takifugu rubripes</i> (Tiger puffer)	L-ascorbyl-2- monophosphat e	29 – 36??	-----	So hubo señales de deficiencia	Eo & Lee, (2008)
30 g 10semanas	0, 40, 80, 160 and 700				
<i>Rachycentrum canadum</i> (Cobia)	L-ascorbyl-2- polyphosphate (LAPP)	44.7	53.9	Probre crecimiento, alta mortalidad, baja tasa de alimentación	Xiao <i>et al.</i> (2009)
4.59 g 10 semanas	2.70, 8.47, 28.3, 80.6, 241 and 733				
<i>Lutjanus gutattus</i> (Pargo flamenco)	L-ascorbyl-2- polyphosphate (LA2PP)	29	No se logró meseta	8 ^{ava} semana Erosion aletas, Piel oscura, descamación, nado errático	Trabajo en preparació n
8.0 g	0, 7, 19, 29, 62 and 250				

13 semanas

La segunda vitamina más estudiada en cuanto a requerimiento en peces marinos es la vitamina E. En algunos casos en combinación con el requerimiento de vitamina C. En ambos casos la importancia es que son nutrientes antioxidantes e importantes para el mejor funcionamiento del sistema inmune. La vitamina E disminuye la producción de peróxidos lipídicos y especies reactivas de oxígeno que se consideran tóxicos y destruyen las células del sistema inmunitario y otros tejidos. La vitamina E, es soluble en lípidos y protege los ácidos grasos altamente insaturados en contra de la degeneración oxidativa. Se han realizado estudios para conocer el efecto de ésta vitamina en el sistema inmunológico de los peces (Leith and Kaattari, 1989; Lall and Olivier, 1993), pero en este sentido Hardie *et al.* (1990) menciona que los efectos de la vitamina E en el sistema inmune no son consistentes ya que por ejemplo en el salmón del Atlántico el sistema inmune no respondió a las dietas que variaron de 7 a 880 mg/kg de acetato de DL- α -tocoferol, pero que sin embargo, el sistema complementario se vio comprometido en los peces con bajos niveles de la vitamina. La Tabla 2 muestra algunos estudios sobre el requerimiento de vitamina E desde larvas en su primera alimentación hasta organismos de 208 gramos de peso en 7 especies de peces marinos, siendo tres de ellos estudios realizados en los últimos 3 años.

Tabla 2. Datos comparativos de requerimientos de vitamina E para diferentes especies de peces marinos basados en ganancia de peso, sobrevivencia y signos clínicos de deficiencia.

Espece Nombre común Peso inicial Tiempo experimental	Niveles de Vitamina E en mg kg ⁻¹ de dieta seca	Requerimient o de Vitamina E en mg Acetato de DL- α -tocoferol/kg dieta	Requirimento basado en	Señales de deficiencia	Referenci a
<i>Oncorhynchus tshawytscha</i> Chinnok salmon	0, 10, 20, 40, 80 mg Acetato de DL- α - tocoferol /kg dieta	3 mg	Señales de deficiencia	Pobre crecimiento exophtalmia, ascites,	Woodall <i>et al.</i> , 1964

Crías pequeñas 24 semanas				fragilidad eritrocitos, anemia, branquias con hiperplasia, epicarditis	
<i>Salmo salar</i> Salmón del Atlántico Primera alimentación 0.165 g 2 meses	0, 15, 30, 60, 120 mg Acetato de DL- α - tocoferol /kg dieta	60 mg	Sobrevivenci a, peso ganado, vitamina en hígado y sangre	Anorexia, peces delgados, despigmenta ción piel, altas mortalidades	Hamre y Lie, 1995
<i>Oplegnathus fasciatus</i> <i>Parrot fish</i> 12.3 g 16 semanas	0, 20, 40, 60, 120 or 500 mg dl- α -tocopheryl acetate/kg dieta	45 mg	Maximo crecimiento y máximo contenido en tejidos	Reducción apetito bajo crecimiento, baja TCA y hematócito, Exophthalmi a, distrofia muscular, opérculos cortos	Bai and Lee, 1998
<i>Dicentrarchu s labrax</i> Sea bass 208 g 87 días	139 mg kg ⁻¹ , 254 mg kg ⁻¹ , 493 mg kg ⁻¹ and 942 mg kg ⁻¹ ,	942	Flesh quality	-----	Gatta <i>et</i> <i>al.</i> , 2001
<i>Anguila japonica</i> Anguila 15 g 12 semanas	Acetato de DL- α -tocoferol 0, 17, 32, 62 y 19 mg kg ⁻¹	<21.2 mg y <21.6 mg	WG, SGR, FE y PER		Bae <i>et</i> <i>al.</i> , 2013
<i>Oplegnathus</i>	Acetato de DL- α -tocoferol	38	Para	No hubo	Galaz <i>et</i>

<i>fasciatus</i>	0, 25, 50, 75, 100, 500 mg		Crecimiento	señales	<i>al.</i> , 2010
<i>Parrot fish</i>			normal	clínicas ni	
20 g				mortalidades	
12 semanas			Para		
		Más de 500	incrementar		
			respuesta		
			inmune		
<i>A.latus</i>	HUFA+5%, 10% and 15%	Enriquecer	Por	La tasa de	Adlo <i>et</i>
Brema	<i>Artemia</i> enriquecida con	<i>Artemia</i>	supervivenci	mortalidad	<i>al.</i> , 2012
marina de	vitamina C	<i>fransiscana</i>	a	fue	
aleta amarilla		con HUFA y		significativa	
Larva en su	HUFA+5% and 10%	vitaminas E		mente entre	
primer	<i>Artemia</i> enriquecida con			grupo	
alimentación	vitamina E			control y	
exógena con				experimental	
53 ± 5 mg	HUFA+2.5% (W/W)			es	
body weight	<i>Artemia</i> enriquecida con				
	vitamina C y E				
	HUFA+5% (W/W)				
	<i>Artemia</i> enriquecida con				
	vitamina C y E				
	<i>Artemia</i> no enriquecida =				
	control				

Con respecto a los estudios realizados con otras vitaminas, estos son más escasos. Recientemente se llevó a cabo un trabajo con la vitamina D₃ sobre el crecimiento, sobrevivencia y morfogénesis de la lobina de mar (*Dicentrachus labrax*) durante el desarrollo larval de esta especie. Se proporcionaron niveles de 0, 19.2, 38.4, or 140 IU de VD₃ por gramo de dieta (D0, D1, D2 y D3 respectivamente) y se reportan supervivencia, madurez intestinal, osificación y por primera vez un impacto sobre la ontogénesis del sistema digestivo y que solamente los grupos alimentados con 19.2 UI/g de Vitamina D₃ se logró una adecuada morfogénesis larval (Dariasa *et al.*, 2010)

Los estudios sobre requerimientos de vitaminas para la lobina marina de Asia o barramundi (*Lates calcarifex*) son contradictorios ya que unos autores mencionan que los peces no requieren colina, niacina, inositol, vitamina E, piridoxina o ácido pantoténico (Boonyaratpalin *et al.*, 1988 y Pimoljinda y Boonyaratpalin 1989), mientras que Wanakowat *et al.* (1989) y Boonyaratpalin y Wanakowar, (1993) demostraron la necesidad de los peces para su crecimiento normal de 5 mg kg^{-1} de piridoxina y de tiamina, ácidos pantoténico (15 mg kg^{-1} para crecimiento normal, eficiencia alimenticia y crecimiento), inositol y vitamina E para su crecimiento normal.

Tabla 3. Estudios reportados sobre los requerimientos de vitaminas en *Lates calcarifex*

Vitamina	Requerimiento		Referencia
Piridoxina	5 mg kg^{-1}	para crecimiento normal	Wanakowat <i>et al</i> (1989)
Piridoxina	10 mg kg^{-1}	para niveles normales de linfocitos	Boonyaratpalin y Wanakowar., 1993
Acido pantoténico	15 mg kg^{-1}	para crecimiento normal, eficiencia alimenticia y sobrevivencia	Boonyaratpalin <i>et al</i> 1994
	90 mg kg^{-1}	Para almacenaje en el tejido, sin embargo no se alcanzó meseta así que es necesario más	

En el caso de la brema marina roja (*Pagrus major*) se realizaron varios estudios para determinar los requerimientos de vitamina C con diferentes tipos de vitamina encontrándose un requerimiento para un máximo de crecimiento de 50 mg de L-Ascorbil -2 fosfato de magnesio/ kg^{-1} de dieta. En cuanto a otras vitaminas Yone and Fuji (1974),

eliminaron diferentes vitaminas de las premezclas y observaron anorexia y lento crecimiento.

Tabla 4. Estudios sobre los requerimientos de vitaminas en *Sparus aurata*

Vitamina	Requerimiento	Referencia
Ácido Nicotínico	63-83 mg kg ⁻¹ de dieta	Morris and Davis (1995a)
Tiamina (B1)	10 mg kg ⁻¹ de dieta	Morris and Davis (1995b)
Pirodoxina (B6)	1.97 mg kg ⁻¹ de dieta	Kissil <i>et al.</i> , (1981)
Biotina	0.21 y 0.37 mg kg ⁻¹ de dieta	Kissil (1981)

Actualmente, las formulaciones de dietas para diferentes especies que recientemente están siendo estudiadas para llevarlas al cultivo comercial está basada en información limitada de requerimientos de nutrientes, dejando a los organismos malnutridos y altamente susceptibles a enfermedades. En México se están cultivando ya sea experimentalmente, a escala piloto o semi-comercial alrededor de 12 especies de peces marinos. En varias de ellas se han llevado a cabo investigaciones sobre requerimientos de proteínas y ácidos grasos y solamente en el caso del pargo flamenco *Lutjanus guttatus* se han iniciado estudios sobre sus requerimientos nutricionales en vitaminas. Se determinó que el requerimiento de vitamina C para un óptimo de crecimiento y sin señales clínicas de deficiencia es de 29 mg AA kg⁻¹ pero se requieren más de 753 mg kg⁻¹ de LA2PP (equivalente a 250 mg AA kg⁻¹ dieta) para eliminar alteraciones histológicas (Trabajo en preparación), también se están realizando los trabajos para el requerimiento de ácido pantoténico y riboflavina.

Referencias

- Adloo MN, Matinfar, A. and Sourinezhad, I. 2012. Effects of Feeding Enriched *Artemia franciscana* with HUFA, Vitamin C and E on Growth Performance, Survival and Stress Resistance of Yellowfin Seabream Larvae. *J Aquacult Res Dev* 2012, 3:8. <http://dx.doi.org/10.4172/2155-9546.1000157>
- Aguirre P. and Gatlin DM. 2001. Dietary vitamin C requirement of red drum *Sciaenops ocellatus* aquaculture Nutrition: 5(4): 247-250
- Aguirre P, Gatlin DM III (1999) Dietary vitamin C of red drum *Sciaenops Ocellatus*. *Aquacult Nutr* 5:247-249
- Ai Q, Mai K, Zhang C, Xu W, Duan Q, Tan B, Liufu Z (2004) Effects of dietary vitamin C on growth and immune response of Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*. *Aquaculture* 242:489–500
- Ai Q, Mai K, Tan B, Xu W, Zhang C, Ma H, Liufu Z (2006) Effects of dietary vitamin C on survival, growth, and immunity of large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea*. *Aquaculture* 261:327–336
- Bai. SC and Lee KJ. 1998. Different levels of dietary dl- α -tocopheryl acetate affect the vitamin E status of juvenile Korean rockfish, *Sebastes schlegeli*. *Aquaculture* 161, 1–4, 405–414
- Bae, J.Y. Park, G. H., Yoo., K.Y. Lee., J.Y. Kim, D.J. and Bai S. C. 2013. Evaluation of optimum dietary vitamin E requirements using DL- α -tocopheryl acetate in the juvenile eel, *Anguilla japonica* 29, (1): 213–217
- Boonyaratpalin, M. and Wanakowat, J. 1993. Effect of thiamine, riboflavin, pantothenic acid and inositol on growth, feed efficiency and mortality of juvenile seabass In: In Webster, C.D., y Lim C.E. (Editors). 2002. Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture. CABI Publishing. Great Britain. pp. 40-50
- Boonyaratpalin, M., Unprasert, N., Kosutharak, P., Chumsungnern, S. and Sothana, W. 1988. Effect of choline, Niacin, inositol, and Vitamin E on growth, feed efficiency and survival of seabass fingerlings in freshwater. Technical Paper No 7. National Institute of Coastal Aquaculture, Department of Fisheries, Thailand, 22 pp. (In Thai): In Webster, C.D., y Lim C.E. (Editors). 2002. Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture. CABI Publishing. Great Britain. pp. 40-50
- Boonyaratpalin, M., Boonyaratpalin, S. and Supamataya, K (1994a). Ascorbyl-Phosphate-Mg., as dietary vitamin C sources for seabass (*Lates calcarifer*). In Webster, C.D., y Lim C.E. (Editors). 2002. Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture. CABI Publishing. Great Britain. 418 pp
- Boonyaratpalin, M., Wanakowat, J. and Hangsapreurke, K. 1994b. Pantothenic acid requirement of seabass In Webster, C.D., y Lim C.E. (Editors). 2002. Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture. CABI Publishing. Great Britain. pp. 40-50
- Dariasa MJ., Mazuraisa, D., Koumoundourosb, G., Glynatsib, N., Christodouloupouloub, S., Huelvana, C., Desbruyeres, E., Le Galla, M., Quazuguela, P., Cahua L.C. and Zambonino-Infante, J.L. 2010.
- Chavez, C. 2013. Avances en el Requerimiento de Vitaminas en Peces Marinos. En: Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Nieto-López, M.G., Villarreal-Cavazos, D. A., Gamboa-Delgado, J., Alvarez-González, C. (Eds), Contribuciones Recientes en Alimentación y Nutrición Acuícola, Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, pp. 507-520.

- Dietary vitamin D3 affects digestive system ontogenesis and ossification in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus, 1758). *Aquaculture* January 2010, Volume 298, Issues 3-4, Pages 300-307. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.11.002>
- Eo J, Lee K (2008) Effect of dietary ascorbic acid on growth and non-specific immune responses of tiger puffer, *Takifugu rubripes*. *Fish and Shellfish Immunol* 25:611-616
- FAO, 2012. World Review of Fisheries and Aquaculture. <http://www.fao.org/docrep/016/i2727e/i2727e01.pdf>
- Galaz GB., Kim, S.S. and Lee, K.J. 2010. Effects of Different Dietary Vitamin E Levels on Growth Performance, Non-specific Immune Responses, and Disease Resistance against *Vibrio anguillarum* in Parrot Fish (*Oplegnathus fasciatus*). *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* Vol. 23, No. 7 : 916 - 923
- Gatta, Pirini, Testi, Vignola and Monetti (2000), The influence of different levels of dietary vitamin E on sea bass *Dicentrarchus labrax* flesh quality. *Aquaculture Nutrition*, 6: 47–52. doi: 10.1046/j.1365-2095.2000.00127.x
- Hardie, L.J., Fletcher, T.C., Secombes, C.J., 1990. The effect of dietary vitamin E on the immune response of the Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture* 87, 1-13.
- Hamre K and Lie, O. 1995. Minimum requirement of vitamin E for Atlantic salmon, *Salmo salar* L., at first feeding. *Aquaculture Research*., 26: 175–184
- Hamre, K., Kross C, Lock E.J. & Moren M. 2010. Review article. Roles of lipid-soluble vitamins during ontogeny of marine fish larvae. *Aquaculture Research*, 2010, 41: 745-750
- Hernández-Palacios H., Izquierdo M. Nutritional requirements of marine fish larvae and broodstock . In: Tacon A.G.J. (ed.), Basurco B. (ed.). *Feeding tomorrow's fish*. Zaragoza: CIHEAM, 1997. p. 243-264 (Cahiers Options Méditerran éenn es; n. 22)
- Henrique MMF, Gomes EF, Gouillou-Coustans MF, Oliva-Teles A, Davies SJ (1998) Influence of supplementation of practical diets with vitamin C on growth and response to hypoxic stress of seabream, *Sparus aurata*. *Aquaculture* 61(1–4): 415–426
- Kissil G.W. 1981. Known nutritional requirements of the gilthead seabream *Sparus aurata* in culture In Webster, C.D., y Lim C.E. (Editors). 2002. *Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture*. CABI Publishing. Great Britain. pp. 64-78
- Kissil, G.W. Cowey, C.B., Adron J.W., and Richards R.H. 1981. Piridoxine requirements of the gilthead seabream *Sparus aurata*. *Aquaculture* 23: 243-255
- Lall, S.P., Olivier, G., 1993. Role of micronutrients in immune response and disease resistance in fish. In: *Fish Nutrition in Practice* (Kaushik, S.J, Luquet, P., Eds.), pp.101-118. INRA, Paris.
- Leith, D. and Kaatari, S., 1989. Effects of vitamin nutrition on the immune response of hatchery-reared salmonids. Final report. U.S. Department of Energy, Bonneville Power Administration, Div. of Fish and Wildlife, Portland, Oregon.
- Lin M, Shiau Y (2005) Dietary L-ascorbic acid affects growth, nonspecific immune responses and disease resistance in juvenile grouper, *Epinephelus malabaricus*. *Aquaculture* 244:215– 221
- Chavez, C. 2013. Avances en el Requerimiento de Vitaminas en Peces Marinos. En: Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Nieto-López, M.G., Villarreal-Cavazos, D. A., Gamboa-Delgado, J., Alvarez-González, C. (Eds), *Contribuciones Recientes en Alimentación y Nutrición Acuicola*, Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, pp. 507-520.

- Morris, P.C., and Davies, S.J., 1995a. The requirement of the gilthead seabream (*Sparus aurata* L). for nicotinic acid. *Animal Science* 61, 437-443.
- Morris, P.C., and Davies, S.J., 1995b. Thiamine supplementation of diets containing varied lipid: carbohydrate ratio given to gilthead seabream (*Sparus aurata* L). *Animal Science* 61, 597-603
- NCR (National research Council) 1993. Nutrient requirements of fish . Natioanl Academy of Sciences , Washinton, DC. 114 p
- Pimoljinda, T., and Boonyaratpalin, M., 1989. Study on vitamin requirements of seabass *Lates calcarifer* in sea water. Technical paper No. 3. Phuket Brakishwater, Department of Fisheries, Thailand 24 pp (InThai) in: In Webster, C.D., y Lim C.E. (Editors). 2002. Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture. CABI Publishing. Great Britain. pp. 40-50
- Wanakowat, J., Boonyaratpalin, M., Pimoljinda, T., and Assavaaree M. 1989. Vitamin B6 requirement of juvenile seabass *lates calcarifer*. In takeda, M. and Wartanabe T. (eds). The Current status of fish nutrition in Aquaculture. Tokio University of Fisheries, Tokyo, Japan pp. 141-147.
- Wang X, Kim K, Bau SC (2002) Effect of different dietary levels of L-ascorbyl-2-monophosphate-Ca on growth and tissue vitamin C concentrations in juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceous* (Temminck et Schlegel) *Aquacul Res* 33: 261-267
- Wang X, Kim K, Sungchul C (2003a) Comparison of L-ascorbyl-2-monophosphate-Ca with L-ascorbyl-2-monophosphate-Na/Ca on growth and tissue ascorbic acid concentrations in Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). *Aquaculture* 225:387-395
- Wang X, Kim KC, Bai S, Huh M, Cho BY. 2003b) Effects of the different levels of dietary vitamin C on growth and tissue ascorbic acid changes in parrot fish (*Oplegnathus fasciatus*). *Aquaculture* 215:203-211
- Webster, C.D., y Lim C.E. (Editors). 2002. Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture. CABI Publishing. Great Britain. 418 pp
- Woodall, A.N., Ashley, L.M., Halver, J.E., Olcott, H.S. and Van Der Veen J. 1964. Nutrition of salmonoid fishes: XIII. The α -tocopherol requirement of *Chinook salmon*. *J. Nutr.*, 84 (1964), pp. 125–135
- Xiao LD, Mai KS, Ai HQ, Xu W, Wang XJ, Zhang WB, Liufu ZG (2009) Dietary ascorbic acid requirement of cobia, *Rachycentron canadum* Linneaus. *Aquacult Nutr* 16(6):582-589
- Yone,Y. and Fujo, M. 1974. Studies on nutrition of red sea bream. X. Qualitative requirements for water soluble vitamins. Report of Fishery research laboratory. Kyushu University 2, 25-32) (En japonés con resumen en ingles) In Webster, C.D., y Lim C.E. (Editors). 2002. Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture. CABI Publishing. Great Britain. pp. 51-63