

·USO DE LA SOYA EN ACUACULTURA

Laura M. Treviño Carrillo¹

ABSTRACT

Use of soybean in aquaculture. Aquaculture profits are closely related to feed supply and feed protein costs. Intensive aquaculture farming requires high protein levels in feeds. Feed is the most important item. Commercial feeds formulated for aquaculture species range from 25 to 50% crude protein (Akiyama, 1992). For this reason, high protein ingredients such as fish meal, bone and blood meal and oilseed meals varies from 50 to 70% of the feed formulation.

The limited supply and high prices of fish meal had encouraged aquaculture nutritionists to consider other alternative protein sources. Nevertheless, high vegetable protein levels in fish diets generally results in low growth rates and poor feed efficiency ratios due to an incorrect essential nutrients balance, raw material antinutritive factors, low palatability or low water stability pellets (Lim and Dominy, 1991). Among vegetable meals, the soybean meal is increasing it's use. This is due to soybean chemical composition, amino acid profile and high availability around the world at lower prices than fishmeal (Akiyama, 1992). Raw soybeans have several antinutritive factors that provokes low growth in cold water fishes. Warm water fishes and shrimps fed

¹ Universidad Autónoma de Nuevo León. Consultor privado: Sevilla
406-403 Col. Portales. 03300 México, D.F., MEXICO

with soybean products as the main protein source achieve satisfactory growth. Solvent extracted, dehulled soybean meal is 49% crude protein, from which, 85% is digestible (for catfish, rainbow trout and tilapia), almost the same as fishmeal (Lovell and Smitherman, 1993) and 89.9% for shrimp (Akiyama et al., 1991).

Palatability is the main limiting factor for soybean use in salmon and trout feeds (Lovell and Smitherman, 1993). Whole soybean suitable heated can replace partially (and sometimes totally) fishmeal in freshwater and marine fish. The main recommendation related to whole soybean use in fish diets is not to exceed fat levels for each species. One of the main components of soybean oil is soybean lecithin as a mayor source of coline, inositol and several nutritional components. Besides the protection of soybean lecithin to vitamins A and E against oxidation, it promotes a better utilization of fats and vitamins. In extruded feeds, soybean lecithin contribute with the necessary lubrication for the exit dice, making feed manufacture more efficient (Ruiz, 1990). Full fat soybeans provides a high protein/ high energy source. More research is required in aquaculture species to know certainly the organisms biological response to different ingredients.

INTRODUCCION

El beneficio económico de la acuicultura intensiva y semi-intensiva se encuentra íntimamente relacionada al abasto y al costo del alimento proteico. Los cultivos intensivos acuícolas requieren de alimentos con niveles de proteína elevados; en estas empresas de producción animal comercial, el alimento es el insumo más importante. La acuicultura sigue los mismos principios de producción de aves y ganado: si el costo del alimento es desfavorable, la alimentación intensiva no es utilitaria.

En el caso de los animales de producción terrestre, el costo de los granos determina las utilidades de la producción; en el caso de las especies de producción acuática, lo hace el costo de la fuente proteica (Lovell y Smitherman, 1993).

Los alimentos comerciales formulados para especies de producción acuícola contienen de 25 a 50% de proteína cruda (Akiyama, 1992). Consecuentemente, los ingredientes con niveles de proteína elevados como la harina de pescado, subproductos de origen animal y las harinas de oleaginosas llegan a abarcar del 50 al 70% de la composición de la fórmula. Debido a que las proteínas de origen vegetal son mucho más baratas que las de origen animal, deben de ser usadas lo más posible en los alimentos para especies de producción acuícola (Akiyama, 1992) (Lovell y Smitherman, 1993).

La harina de pescado ha sido tradicionalmente la base de muchos alimentos comerciales para peces debido a su valor nutritivo y palatabilidad. Se ha considerado generalmente como el ingrediente que tiene el contenido más alto en calidad de proteínas, pero también es el más caro (Lovell, sin año). El suministro limitado y el alto costo de la harina de pescado han obligado a los nutricionistas acuícolas a considerar fuentes alternativas de proteína. Sin embargo, altos niveles de proteína de origen vegetal en dietas para peces generalmente ha resultado en reducción del crecimiento y pobre eficiencia alimenticia. Lo anterior puede deberse a un balance incorrecto de nutrimentos esenciales, a los factores antinutricionales de las oleaginosas o a la disminución en la palatabilidad y en la estabilidad del pelet en el agua (Lim y Dominy, 1991).

Dentro de los ingredientes vegetales utilizados, la soya es un ingrediente cada vez más común, debido a su composición química, perfil de aminoácidos más favorable y alta disponibilidad en la mayoría de los mercados mundiales a un costo generalmente más bajo que la harina

de pescado (Akiyama, 1992) (Lovell, sin año).

FACTORES ANTINUTRICIONALES

La soya cruda contiene diversos factores anti-nutricionales que se sabe afectan el crecimiento y la salud de los peces. Sin embargo, diversos métodos de tratamiento con calor (tostado, extrusión y peletización) han sido exitosamente utilizados para inactivar o eliminar los factores antinutricionales mejorando así el valor nutritivo de la soya (Lim y Akiyama, 1991). La principal sustancia antinutricional es un inhibidor de tripsina (IT), que además de afectar el crecimiento, causa hipertrofia pancreática. La harina de soya también contiene cantidades significativas de ácido fítico que forman un complejo con varios minerales y los vuelve no disponibles. Hay otros factores antinutricionales conocidos como hemaglutininas, que causan la aglutinación de los glóbulos rojos; los goitrógenos que causan la inflamación de la glándula tiroides; toxinas que causan el alargamiento del páncreas e inhibidores de proteasas que ligan las enzimas digestivas de proteínas, la tripsina y quimotripsina (Ruiz, 1990).

El calentamiento de la soya cruda durante la extracción comercial del aceite (105°C durante 10-12 minutos) aumenta su valor nutritivo y su palatabilidad, ya que destruye la mayoría de estos factores termolábiles, a la vez que desnaturaliza las proteínas haciéndolas más digeribles. Sin embargo, no es deseable un calentamiento excesivo debido a la reacción de Maillard (formación de complejos indisponibles de azúcar-amino) y a la destrucción de aminoácidos sensibles al calor como son la lisina y la cistina. La calidad de la proteína de soya, como cualquier otra fuente de proteína, se reduce si se sobrecalienta.

La actividad ureásica es un método indirecto para medir el nivel de procesado a calor de la pasta de soya, debido a que la destrucción de la ureasa en la soya equivale a la destrucción de la mayoría del resto de los factores antinutricionales. Otro método para determinar la calidad de la proteína es el Inhibidor de Tripsina (IT). Un nivel de 1-3mg de inhibidor de tripsina/g de pasta de soya se considera adecuado para alimentos acuícolas. Este nivel de IT se relaciona con un valor de actividad ureásica de 0.00 a 0.23; aunque, una actividad ureásica de 0.00 podría indicar un sobrecalentamiento, debido a que esta escala no tiene valores negativos. La mejor forma de determinar el adecuado procesamiento de la soya es a través de la determinación de solubilidad de proteína en KOH (Dale, 1992).

Akiyama en 1992 considera como óptimo para especies acuícolas, un índice de solubilidad de la proteína de 60 - 80%. Cabe mencionar que un procesado óptimo de soya para especies terrestres es cuando se tiene niveles de solubilidad de la proteína entre 75 y 85%. El índice de solubilidad de proteína parece correlacionarse mejor a la concentración inhibitoria de la tripsina (Akiyama, 1992) (Cuadro 1).

Las anteriores, son las pruebas de laboratorio de control de calidad más precisas comúnmente utilizadas. Sin embargo, los indicadores biológicos como los valores de digestibilidad, disponibilidad de nutrientes, crecimiento, sobrevivencia, eficiencia alimenticia y signos subclínicos anormales, aunque son muy laboriosos y llevan mucho tiempo, son los medios más precisos para asegurar los valores nutricionales de los materiales alimenticios (Lim y Akiyama, 1991).

Cuadro 1. Correlación entre la actividad ureásica, índice de solubilidad de proteína e inhibidor de tripsina (mg/g de pasta) en la pasta de soya

Actividad Ureásica	Solubilidad de proteína	Inhibidor de la tripsina
2.40	99.2	21.0
2.04	87.7	12.2
0.23	79.1	3.1
0.12	83.2	2.2
0.00	74.9	2.1
0.00	71.8	1.0
0.00	58.5	0.5
0.00	38.0	0.1

Fuente: Dale *et al.*, 1987 en Ruiz, 1990

PALATABILIDAD

Algunos peces encuentran a la harina de soya poco palatable. El salmón Coho acepta mejor la harina de soya que el salmón Chinook (Fowler, 1981; visto en Lovell, 1991) así como los salmones adultos la aceptan mejor que los más jóvenes (Lovell y Smitherman, 1993). Según Lovell y Smitherman en 1993, diversas investigaciones han demostrado que hasta un 75% de la proteína proporcionada por la harina de pescado puede ser reemplazada con proteína proporcionada por la harina de soya en un híbrido de lobina (Hybrid striped bass) de 150g de peso, sin

alterar significativamente el crecimiento, conversión alimenticia, utilización proteica o composición corporal. Estos niveles difieren para peces más jóvenes (5g). Sin embargo, de acuerdo a los mismos estudios, niveles de 25% de harina de soya fueron aceptables para peces jóvenes, ya que cantidades mayores resultaron en significativos decrementos en ganancia de peso. Una investigación canadiense demostró que la harina de soya puede ser la principal fuente de proteína en las dietas para trucha proporcionando una tasa de crecimiento satisfactoria, pero la palatabilidad es reducida si el nivel de harina de pescado es reducida por debajo del 18%.

Los niveles de pasta de soya mayores al 10% pueden usarse en alimentos para camarón. De hecho, la información sugiere que se pueden usar niveles entre 40 y 50%. El uso de soya en alimentos para camarón puede reducir en gran medida el costo de alimentación para la cría comercial de camarones en estanques (Lawrence, sin año).

Generalmente los peces de aguas cálidas y los camarones, aceptan satisfactoriamente alimentos en donde la harina de soya es la fuente principal de proteína. Los alimentos para peces de agua fría o templada y para peces marinos, tradicionalmente han contenido primordialmente harina de pescado. La harina de soya ha incrementado gradualmente su inclusión en la composición de alimentos comerciales para estas especies. Sin embargo, en alimentos para peces de agua cálida, probablemente no sea utilizada en un gran porcentaje de la fórmula

Cuadro 2. Análisis proximal de la soya y harina de pescado

	Harina de soya ¹ descascarada	Soya integral ² (a)	Harina de pescado ³ chilena
Humedad (%)	12%	10.3	10
Proteína cruda (%)	48.0%	38.0	65
Ceniza (%)	-----	4.6	16
Fibra cruda (%)	3.5%	5.0	0
Grasa cruda (%)	0.5%	18.0	9

¹ Akiyama (1992)

² Monari (sin año)

³ IAFMM (1985)

PASTA O HARINA DE SOYA

Considerando su calidad, costo y disponibilidad, la pasta de soya se ha establecido por si misma como un ingrediente clave en los alimentos para acuicultura por todo el mundo. La harina de soya descascarada y extraída con solventes, contiene 49% de proteína cruda, del cual aproximadamente el 85% es digestible (para bagre, trucha arcoiris y tilapia), comparable en digestibilidad a la proteína de la harina de pescado entero (Lovell y Smitherman, 1993) y de 89.9% para el camarón (Akiyama *et al.*, 1991).

Basados en los requerimientos del NRC, la proteína de soya contiene uno de los mejores perfiles aminoacídicos de todos los ingredientes de origen vegetal, cubriendo los requerimientos de aminoácidos esenciales para peces. La metionina+cistina son los aminoácidos esenciales limitantes en la proteína de soya para casi todos los animales, pero debido a que el requerimiento de metionina+cistina para bagre es relativamente bajo, la proteína de soya cubre sus requerimientos. La proteína de soya es limitante en metionina+cistina y también en treonina para algunos peces, pero sigue siendo superior en contenido de aminoácidos a los a otras fuentes de proteína vegetal comúnmente utilizadas (Lovell y Smitherman, 1993)(Cuadro 3).

En el Cuadro 3 se puede comparar la disponibilidad del contenido de aminoácidos esenciales de la pasta de soya y la harina de pescado (menhaden) y la adecuación de cada fuente proteica para cubrir los requerimientos de aminoácidos esenciales y el porcentaje de requerimiento dietético para bagre de canal y anguila.

Cuadro 3. Requerimientos de aminoácidos de algunas especies de peces cubiertos por la pasta de soya y la harina de pescado¹

Aminoácidos	PASTA DE SOYA		
	Contenido de AA	% cubierto del requerimiento (bagre)	% cubierto del requerimiento (anguila)
Arginina	7.25	168	161
Histidina	2.18	142	102
Isoleucina	4.01	155	101
Leucina	6.35	181	181
Lisina	5.82	113	110
Metionina + Cistina	2.52	108	50
Fenilalanina + Tirosina	7.08	141	121
Treonina	3.25	144	81
Triptófano	1.18	219	111
Valina	4.09	138	103
HARINA DE PESCADO			
Arginina	5.59	130	124
Histidina	2.01	130	95
Isoleucina	4.11	159	103
Leucina	6.53	186	123
Lisina	6.69	130	126
Metionina + Cistina	3.15	135	70
Fenilalanina + Tirosina	6.30	126	108
Treonina	3.58	159	90
Triptófano	0.91	168	86
Valina	4.59	155	115

¹ Disponibilidad medida como digestibilidad para bagre de canal, Wilson *et. al.*, (1982) visto en Lovell, 1991). Fuente de los datos: Composición aminoacídica de los alimentos, NRC (1981); requerimientos dietéticos, NRC (1981, 1983; visto en Lovell, 1991).

Aunque el contenido de aminoácidos esenciales se puede utilizar como un índice para determinar el valor nutritivo de las fuentes proteicas, se ha encontrado que el valor individual y los valores promedios de la disponibilidad aparente de los aminoácidos (AAAA) y la verdadera disponibilidad de aminoácidos (TAAA) varían dentro y entre las diversas fuentes proteicas (Wilson *et al.*, 1981 visto en Lim y Dominy, 1991). Por consiguiente, si los datos de requerimientos de aminoácidos van a ser usados en la formulación de dietas para peces, la disponibilidad de los aminoácidos debe ser usada para obtener una formulación mejor balanceada y económica (Lim y Dominy, 1991).

En el Cuadro 4 se presenta la digestibilidad aparente de proteína (APD) y los promedios de disponibilidad aparente de aminoácidos y *disponibilidad verdadera de los aminoácidos de algunas fuentes proteicas para bagre.*

La proteína de soya es altamente digerible y el coeficiente de aminoácidos disponibles verdaderos es comparable al de la proteína de harina de pescado. En el caso del bagre de canal, la disponibilidad verdadera de los aminoácidos de la pasta de soya es de 84.2% y la de harina de pescado es de 86%.

El Cuadro 5 resume el papel de la harina de soya y otras fuentes de proteína, así como fuentes de energía en alimentos para acuicultura. En alimentos para bagre la harina de soya ha sido reemplazada parcialmente por la harina de semilla de algodón durante los últimos tres años, debido a los costos y al potencial de investigación, indicando los límites de la harina de semilla de algodón que pueden ser usados, debido a ciertos factores antinutricionales propios del algodón. La harina de semilla de algodón contiene un nivel menor de lisina que la harina de soya, por lo que los costos deberán compararse con base en el contenido de lisina de ambas fuentes de proteína. Los granos secos de destilería son un ingrediente potencial, rico en proteína (28% de proteína), pero es bajo en lisina, y tendrá que competir con la harina de

soya con base en la lisina (Lovell y Smitherman, 1993).

La harina de soya es considerada superior a la harina de pescado, harina de semilla de algodón, gluten de maíz y de trigo con base en: el costo, facilidad en la formulación y sus efectos en la calidad del agua. La harina de soya es considerada inferior sólo a la harina de pescado con base en el valor nutricional, pero considerada inferior a todas las otras fuentes de proteína incluyendo a la harina de semilla de algodón en cuanto a palatabilidad. La palatabilidad se consideró como un renglón importante en los alimentos para salmón y trucha. Se considera que la palatabilidad es un factor limitante para el uso de soya en los alimentos para estas especies (Lovell y Smitherman, 1993). Shun, en 1989, en un estudio con carpa, determinó la relación para la utilización de soya como principal fuente de proteína y sugiere que la proporción óptima de harina de pescado y proteína de soya debe ser 1:3 - 1:5.

Existe un gran número de investigaciones que evalúan el valor nutritivo de la harina de soya como sustituto de la harina de pescado. Viola *et al.* (1982) (visto en Lim y Dominy, 1991) concluyeron que la harina de soya es deficiente en energía disponible y en lisina, así como en metionina para la carpa. Sin embargo, estas deficiencias pueden ser remediadas con la suplementación de cantidades adecuadas de aceite y de aminoácidos. Con estas suplementaciones, las dietas basadas en harina de soya son nutricionalmente equivalentes a las dietas basadas en harina de pescado, en cuanto a tasa de crecimiento, utilización de proteína y retención de energía. La cantidad de aceite y de aminoácidos requeridos varía con el nivel de soya utilizada. El substituir 40% de la harina de pescado con harina de soya en las dietas, sólo requirió la suplementación de metionina + 5% de aceite. Cuando toda o casi toda la harina de pescado fue reemplazada por la harina de soya se requirió de la suplementación de metionina, de 0.4% a 0.5% de lisina y 10% de aceite para igualar la ganancia de peso, tasa de conversión alimenticia, etc., de las dietas control (Lim y Dominy, 1991).

La suplementación de las dietas basadas en pasta de soya con aceite, equivale a la utilización de soya integral.

Cuadro 4. Disponibilidad biológica de aminoácidos para el bagre, de algunas fuentes de proteína

Fuentes de proteína	APD Cruz (1975)	APD Wilson & Poe (1985)	Disponibilidad aparente de aminoácidos (AAAA)	Disponibilidad verdadera de aminoácidos (TAAA)
Harina de pescado (Menhaden)	87	85	82	86
Harina de carne y hueso	75	61	74	78
Harina de semilla de algodón	81	83	75	78
Harina de cacahuate	----	74	88	92
Pasta de soya	84	97	80	84

APD Apparent Protein Digestibility
 AAAA Apparent Amino Acid Availability
 TAAA True Amino Acid Availability
 (Lim y Dominy, 1991)

Cuadro 5. Niveles de utilización de fuentes proteicas y energéticas en la acuicultura de los Estados Unidos

Especies	PORCENTAJES DE LA FORMULA							
	Fuentes de Proteína	1980	1990	2000	Fuentes de Energía	1980	1990	2000
Bagre	Harina de soja	48	41	32	Maíz	39	34	35
	Harina semilla de algodón	0	10	8	Acemite	0	4	14
	Harina de pescado	8	4	2	Arroz	0	0	0
	Harina de carne y hueso	0	4	2	Aceite de pescado	1.5	1.5	1.5
	Harina de sangre	0	0	1				
	Solubles y granos secos de destilería	0	0	0				
Trucha	Harina de soja	12	25	35	Acemite	16	20	22
	Harina semilla de algodón	0	0	0	Aceite de pescado	10	13	7
	Harina de pescado	30	20	15	Aceite de soja	0	0	3
	Harina subproductos de aves o ganado	0	0	5				
	Harina de sangre	10	10	5				
	Harina soya integral	0	0	0				
Salmón	Harina de soja	0	5	10	Acemite	15	15	15
	Harina semilla de algodón	0	0	0	Aceite de pescado	10	13	7
	Harina de canola	0	0	0	Aceite de soja	0	0	3
	Harina de pescado	55	48	25				
	Harina de subproductos de aves o ganado	0	5	15				
	Harina de sangre	10	10	10				
Tilapia	Harina de soja	44	48	42	Maíz	33	33	30
	Harina semilla de algodón	0	0	8	Acemite	5	5	10
	Harina de pescado	12	8	3	Grasa de origen vegetal y animal	3	0	0
	Harina de carne y hueso	0	0	3	Aceite de pescado	0	1.5	1.5
	Harina de sangre	0	0	0				

Continúa en la página siguiente

Continuación de Cuadro 5

Cuadro 5. Niveles de utilización de fuentes proteicas y energéticas en la acuicultura de los Estados Unidos

Especies	Fuentes de Proteína	PORCENTAJES DE LA FORMULA					Fuentes de Energía	1990	2000	1980	1990	2000
		1980	1990	2000	1980	1990						
Híbrido de lobina	Harina de soja	12	25	35	Acemite	16	20	22				
	Harina semilla de algodón	0	0	0	Aceite de pescado	10	13	7				
	Harina de pescado	30	20	15	Aceite de soja	0	0	3				
	Harina de subproductos de aves o ganado	0	0	5								
	Harina de sangre	10	10	5								
	Harina de soja integral	0	0	0								
Langostino	Harina de soja	15	15	26	Maíz	34	34	34				
	Harina semilla de algodón	20	20	6	Acemite	10	15	15				
	Harina de gluten de maíz	5	5	0	Trigo	5	5	5				
	Harina de pescado	10	10	4	Arroz	0	0	0				
	Harina de carne y hueso	10	10	4	Aceite de pescado	1.5	1.5	1.5				
Camarón	Harina de soja	28	28	28	Maíz	10	10	10				
	Harina de pescado	30	30	20	Harina de trigo	10	10	10				
	Harina de carne y hueso	0	0	8	Acemite	0	0	0				
	Harina de sangre	0	0	5	Aceite de pescado	3	3	3				
	Harina de crustáceos	3	3	3	Aceite de soja	0	0	3				

Fuente: USDA, Office of Aquaculture. Joint Subcommittee on Aquaculture (Lovell y Smitherman, 1993)

SOYA INTEGRAL

La soya integral es soya entera que previamente recibió un tratamiento con calor, ésta contiene ligeramente menor proteína cruda pero más aceite que la pasta de soya. Así como la harina de soya, la soya integral tiene uno de los mejores perfiles aminoacídicos entre las proteínas vegetales al reunir los requerimientos de aminoácidos esenciales de los peces. La soya integral es también una buena fuente de los ácidos linoleico y linoléico así como de fosfolípidos. Existe poco fósforo presente en la soya integral y en su mayoría se encuentra como ácido fítico que no es disponible para peces e impide la utilización de otros minerales (Lim y Akiyama, 1991). La harina de soya integral calentada ha recibido mucha atención para diversas especies, pero debe ser usada en cantidad limitada debido a la alta tasa de grasa a proteína (la soya integral contiene 18% de grasa, mientras que la pasta de soya contiene 0.5% de grasa). Demasiada grasa en la dieta reduce el consumo de alimento por el pez, debido al alto nivel de energía e incrementa la gordura en el pez. La grasa adicional de la soya integral es más benéfica en peces de agua fría ya que las especies de agua cálida utilizan los carbohidratos provenientes de granos (que son más baratos) para energía mientras que los salmónidos necesitan una fuente lipídica como su principal fuente de energía (la soya integral es también alta en carbohidratos no estructurales, lo cual la hace un ingrediente adecuado para esas especies).

Parece ser que los camarones no utilizan la soya integral satisfactoriamente (Lovell y Smitherman, 1993). La utilización de la harina de soya en alimentos para camarones ha sido limitada debido en parte al poco conocimiento disponible de la nutrición de camarón y al reciente cultivo del mismo (Akiyama, 1991). Los beneficios nutricionales aparentes de la soya integral adecuadamente calentada sobre la pasta de soya consiste en la energía adicional. La grasa adicional

de la soya integral es benéfica sólo si incrementa la calidad nutricional de la dieta. Demasiada grasa puede ser nociva en diversas formas: puede reducir el consumo de alimento, causar un desbalance de proteína y energía en la ración y por lo tanto, puede resultar en peces gordos (Lovell, 1991).

La digestibilidad de la soya integral cruda para peces es baja (43.6 - 45%), pero se incrementa considerablemente a un nivel satisfactorio, similar al de la harina de pescado, si previamente son sometidos a un proceso de calentamiento adecuado. Los mejores resultados de alimentación se obtuvieron cuando el factor inhibidor de tripsina es reducido por lo menos en 83%. Una revisión de literatura recientemente publicada indica que:

- La soya integral adecuadamente calentada puede reemplazar parcialmente a la harina de pescado y algunas veces totalmente, en dietas para peces tanto de agua dulce como de agua salada.
- Si existiera una deficiencia de uno o varios aminoácidos esenciales, podría ser rectificada añadiendo aminoácidos sintéticos.
- La soya integral adecuadamente cocinada tiene un valor nutricional similar al de la pasta de soya adicionada con aceite.
- El alto contenido de aceite en la soya integral reduce la necesidad de catabolizar proteína para propósitos de producción de energía, eficientando así el aporte proteico de la dieta. Esta ventaja es particularmente útil cuando se alimentan peces de aguas templadas. El aceite es importante debido a que este provee ácidos grasos esenciales y promueve la absorción y metabolismo de otros nutrientes.
- La única recomendación relativa al límite de inclusión de la soya integral en las dietas para peces es no excederse de los límites de grasa

conocidos para cada especie (Monari, sin año).

Los niveles de inclusión de soya integral se pueden calcular con una ecuación muy sencilla:

$$\frac{\text{\% inclusión grasa (límite por especie)}}{\text{porcentaje de grasa en ingrediente}} = \text{porcentaje de inclusión soya}$$

ACEITE DE SOYA

El aceite de soya representa una fuente energética muy importante dentro de los ingredientes para la formulación de alimentos balanceados. Constituye aproximadamente el 18% de la soya integral en base seca. El Cuadro 6 se muestra la composición promedio del aceite crudo y del refinado de la soya.

El aceite de soya crudo contiene de 1 a 3% de un grupo de compuestos conocidos como fosfolípidos. Este valor es alto en relación a otros aceites de leguminosas, que generalmente contienen menos del 1% (Snyder y Kwon, 1987 visto en Lim y Akiyama, 1991) (Cuadro 7).

El aceite de soya de la soya integral, a pesar de su alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados, es relativamente estable a la oxidación.

La lecitina de soya disponible comercialmente es una mezcla de lípidos y fosfolípidos. Las ventajas que representa incluir lecitina de soya en

la formulación de dietas para especies acuícolas son:

- estabilización de vitaminas: protege las vitaminas A y E de la oxidación.
- mejor utilización de la grasa y vitaminas.
- es una fuente de colina, inositol y otros compuestos promotores de crecimiento.
- además de las ventajas nutricionales, la lecitina retarda el lavado de componentes hidrosolubles de la dieta, mejorando la solubilización de ciertas grasas.
- en el caso de alimentos extruidos, la lecitina provee de lubricación necesaria al dado de salida, permitiendo así una producción más eficiente (Ruiz, 1990).

Cuadro 6. Características químicas del aceite de soya crudo y refinado

	Aceite crudo	Aceite refinado
Triglicéridos (%)	96	> 99
Fosfolípidos (%)	1, 3	0.03
Materia insaponificable (%)	0.6	0.3
Esteroles vegetales (%)	0.33	0.13
Tocoferoles (%)	0.15 - 0.21	0.11 - 0.18
Hidrocarburos escualeno (%)	0.014	0.01
Acidos grasos libres	0.5	< 0.05
Hierro (ppm)	1, 3	0.1 - 0.3
Cobre (ppm)	0.4	0.4

(Mounts, 1983; Synder y Kwon, 1987 visto en Lim y Akiyama, 1991)

Cuadro 7. Principales fosfolípidos contenidos en el aceite de soya

Fosfolípidos	Porcentaje
Fosfatidilcolina (lecitina)	35
Fosfatidiletanolamina (cefalina)	25
Fosfatidil inositol (lipositol)	15
Acido fosfatídico	5, 10
Componentes fosfolipídicos menores	15, 20

CONCLUSIONES

- La soya es una de las alternativas más promisorias como fuentes de proteína para especies acuáticas, debido a su alta disponibilidad en el mercado a un costo mucho más accesible que las fuentes tradicionales de proteína y con un excelente perfil de aminoácidos.
- El reemplazar la harina de pescado ya sea parcial o totalmente con proteínas vegetales más baratas en las dietas de diversas especies de peces ha tenido diversos grados de éxito.
- El uso de soya integral en las raciones para especies de producción acuícola permite el aprovechamiento de fuentes de proteína de buena calidad aunado a fuentes energéticas también de buena calidad.
- Es necesario vigilar el balance de minerales presentes en la dieta cuando se use soya integral, debido a la presencia de altos niveles de ácido fítico.
- Uno de los componentes del aceite de soya, la lecitina de soya, es una fuente importante de colina, inositol y otros compuestos nutricionalmente significativos. Además de proteger a la vitamina A y E contra la oxidación y promover una mejor utilización de la grasa y las vitaminas.
- Se necesita realizar más investigación en las especies de producción acuícola para poder conocer con mayor certeza la respuesta biológica de los organismos a las distintas dietas.
- La soya tiene un perfil de aminoácidos muy similar a la harina de pescado (Cuadro 8).

Cuadro 8. Perfil de aminoácidos de soya y harina de pescado
y su relación con algunas especies acuícolas

	Salmón Requer.	Tilapia Requer.	Trucha Requer.	Camarón Requer.	Soya b Contenido	Soya c Contenido	Harina pescado Contenido
Arginina	6.0	4.2	3.5	5.8	6.8	7.4	5.59
Histidina	1.8	1.7	1.6	2.1	2.4	2.5	2.01
Isoleucina	2.2	3.1	2.4	3.5	4.5	4.9	4.11
Leucina	3.9	3.4	4.4	5.4	7.3	7.5	6.53
Lisina	5.0	5.1	5.3	5.3	6.0	6.4	6.69
Metionina y cistina	4.0	3.2	2.7	3.6	2.9	2.9	3.15
Fenilalanina y tirosina	5.1	5.7	5.2	7.1	7.7	8.3	6.30
Treonina	2.2	3.6	3.4	3.6	3.7	3.9	3.58
Triptófano	0.5	1.0	0.5	0.8	1.4	1.4	0.91
Valina	3.2	2.8	3.1	4.0	4.5	6.1	4.59

Fuente: United Soybean Board USB. Salmón, Tilapia, Trucha: NRC Bulletin on the nutrient requirements of fish, Dec. 1993, and Ron Hardy. Camarón: "Penaeid Shrimp Nutrition for the Commercial Feed Industry", Revised 1991, by Dr. Dean Akiyama, Dr. Warren Dominy and Dr. Addison Lawrence. (+ % de la dieta basada en proteína cruda).

Soya b: Pasta de soya extraída por solvente, 44.8% de proteína.

Soya c: Pasta de soya extraída por solvente, 49.7% de proteína (Ruiz, 1990).

Harina Pescado: (Lovell, 1991)

RESUMEN

El beneficio económico de la acuicultura intensiva y semi-intensiva se encuentra íntimamente relacionada al abasto y al costo del alimento proteico. Los cultivos intensivos acuícolas requieren de alimentos con niveles de proteína elevados; en estas empresas de producción animal comercial, el alimento es el insumo más importante. Los alimentos comerciales formulados para especies de producción acuícola contienen de 25 a 50% de proteína cruda (Akiyama, 1992). Consecuentemente, los ingredientes con niveles de proteína elevados como la harina de pescado, subproductos de origen animal y las harinas de oleaginosas llegan a abarcar del 50 al 70% de la composición de la fórmula. El suministro limitado y el alto costo de la harina de pescado han obligado a los nutricionistas acuícolas a considerar fuentes alternativas de proteína. Sin embargo, altos niveles de proteína de origen vegetal en dietas para peces generalmente ha resultado en reducción del crecimiento y pobre eficiencia alimenticia. Lo anterior puede deberse a un balance incorrecto de nutrimentos esenciales, a los factores antinutricionales de las oleaginosas o a la disminución en la palatabilidad y en la estabilidad del pelet en el agua (Lim y Dominy, 1991). Dentro de los ingredientes vegetales utilizados, la soya es un ingrediente cada vez más común, debido a su composición química, perfil de aminoácidos más favorable y alta disponibilidad en la mayoría de los mercados mundiales a un costo generalmente más bajo que la harina de pescado (Akiyama, 1992) (Lovell, sin año). La soya cruda contiene diversos factores anti-nutricionales que se sabe afectan el crecimiento y la salud de los peces. Sin embargo, diversos métodos de tratamiento con calor (tostado, extrusión y peletización) han sido exitosamente utilizados para inactivar o eliminar los factores antinutricionales mejorando así el valor nutritivo de la soya (Lim y Akiyama, 1991). Generalmente los peces de aguas cálidas y los

camarones aceptan satisfactoriamente alimentos en donde la harina de soya es la fuente principal de proteína. La harina de soya descascarada y extraída con solventes contiene 49% de proteína cruda del cual aproximadamente el 85% es digestible (para bagre, trucha arcoiris y tilapia), comparable en digestibilidad a la proteína de la harina de pescado entero (Lovell y Smitherman, 1993), y de 89.9% para el camarón (Akiyama *et al.*, 1991). Se considera que la palatabilidad es un factor limitante para el uso de soya en los alimentos para salmón y trucha (Lovell y Smitherman, 1993). La soya integral adecuadamente calentada puede reemplazar parcialmente a la harina de pescado y algunas veces totalmente, en dietas para peces tanto de agua dulce como de agua salada. La única recomendación relativa al límite de inclusión de la soya integral en las dietas para peces es no excederse de los límites de grasa conocidos para cada especie (Monari, sin año). Uno de los componentes del aceite de soya, la lecitina de soya, es una fuente importante de colina, inositol y otros compuestos nutricionalmente significativos. Además de proteger a la vitamina A y E contra la oxidación y promover una mejor utilización de la grasa y las vitaminas. En el caso de alimentos extruidos, la lecitina provee lubricación necesaria al dado de salida, permitiendo así una producción más eficiente (Ruiz, 1990). El uso de soya integral en las raciones para especies de producción acuícola permite el aprovechamiento de fuentes de proteína de buena calidad aunado a fuente energéticas también de buena calidad. Se necesita realizar más investigación en las especies de producción acuícola para poder conocer con mayor certeza la respuesta biológica de los organismos a los distintos ingredientes.

LITERATURA CONSULTADA

- Akiyama, D.M. 1991. Soybean meal utilization by marine shrimp. Proceedings of the aquaculture feed processing and Nutrition Workshop. Thailand and Indonesia. September 19-25. Edited by Dean M. Akiyama and Ronnie K.H. Tan. American Soybean Association. 207-214 p.
- Akiyama, D.M., W.G. Dominy y A.L. Lawrence. 1991. Penaeid shrimp nutrition for the commercial feed industry: revised. Proceedings of the aquaculture feed processing and Nutrition Workshop. Thailand and Indonesia. September 19-25. Edited by Dean M. Akiyama and Ronnie K.H. Tan. American Soybean Association. 80-98 p.
- Akiyama, D.M. 1992. Utilización de la pasta de soya en los alimentos acuícolas. Asociación Americana de Soya. ASA/MEXICO No.18. 1a REIMPRESION. 20 pp.
- Dale, Nick. 1992. Solubilidad de la proteína: Indicador del procesado de harina (Pasta) de soya. ASA/MEXICO. A.N. No.89. 12 pp.
- IAFMM, 1985. Análisis de nutrientes de Harina de pescado Chilena. Memorias. Seminario Internacional sobre calidad de harinas de pescado en nutrición animal acuícola y pecuaria. UANL. AFFMM. SEPESCA. Monterrey, N.L.. 16 y 17 de noviembre.
- Lawrence, A.L. sin año. Substitución de pasta de soya por componentes de proteína animal en alimentos para el camarón peneido. Asociación Americana de Soya. ASA/MEXICO A.N. No. 58. 6 pp.

- Lim, Chhron y D.M. Akiyama. 1991. Full-fat soybean meal utilization by fish. Proceedings of the aquaculture feed processing and Nutrition Workshop. Thailand and Indonesia. September 19-25. Edited by Dean M. Akiyama and Ronnie K.H. Tan. American Soybean Association. 188-198 p.
- Lim, Chhron y W. Dominy, 1991. Utilization of plant proteins by warmwater fish. Proceedings of the aquaculture feed processing and Nutrition Workshop. Thailand and Indonesia. September 19-25. Edited by Dean M. Akiyama and Ronnie K.H. Tan. American Soybean Association. 163-172 p.
- Lovell, R.T. sin año. Uso de los productos de soya en dietas para especies de acuicultura. Asociación Americana de Soya. ASA/MEXICO No. 19. 8 pp.
- Lovell, R.T. 1991. The use of soybean products in diets for aquaculture species: revised. Proceedings of the aquaculture feed processing and Nutrition Workshop. Thailand and Indonesia. September 19-25. Edited by Dean M. Akiyama and Ronnie K.H. Tan. American Soybean Association. 173-187 p.
- Lovell, R.T. y R. Oneal Smitherman. 1993. Status and Potential for the Use of Soy in Aquaculture. 14 de abril, 1993.
- Monari, Sergio. sin año. Fullfat soybean in aquaculture. In: Fullfat Soya Handbook. American Soybean Association. United Soybean Board. 44 pp.
- Ruiz, Benjamín. 1990. La soya en la alimentación acuícola. En: Memorias del seminario de Extrusión en alimentos balanceados.

Guadalajara, Jalisco, México. 6 de diciembre de 1990. Asociación Americana de Soya. 49-59 p.

Shun, Tian Ji. 1989. The utilization of soybean as a main protein source for carp. Proceedings of the People's Republic of China Aquaculture and Feed Workshop. 17-30 de setiembre. 133-142 p.

United Soybean Board. 1993. Bulletin on the nutrient requirements of fish. Dic. 1993.