

Futuro de la alimentación de los peces en granjas marinas

Miguel Jover Cerdá

Departamento Ciencia Animal. Universitat Politècnica València. Camino Vera s/n 46022-Valencia
E-mail: mjover@dca.upv.es

Introducción

La producción de peces en sistemas intensivos y semi-extensivos se basa en gran medida en el empleo de piensos secos adecuados que originen un crecimiento rápido y rentable. La existencia de buenos piensos comerciales ha permitido el incremento en la producción en la mayoría de especie, al menos hasta hace 3-4 años, tras los que por motivos de crisis mundial, regulación de mercados, competencia desleal, etc, el precio de venta de muchas especies se ha reducido y los márgenes de beneficio ya no son buenos.

En estas nuevas condiciones hay que buscar soluciones para mejorar la producción, y además de las relacionadas con la gobernanza, la valorización de los productos, los mercados, etc, la optimización de la alimentación podría suponer una alternativa, ya que afecta sobre el 50% del coste de producción, y por tanto su efecto sobre la rentabilidad es muy elevado. Las posibles medidas de mejora se pueden centrar en tres grandes aspectos, la optimización de los niveles de nutrientes (proteína y aminoácidos, lípidos y ácidos grasos, vitaminas, etc), la correcta elección de ingredientes (vegetales y animales), y en una adecuada estrategia de alimentación, que aunque se pueden abordar de forma separada están muy relacionadas entre sí.

Por otra parte, la alimentación tiene otra serie de implicaciones en el impacto ambiental, la calidad final del producto y la seguridad alimentaria que es necesario considerar.

El impacto ambiental local de las granjas de peces está determinado, además de por los posibles escapes, por los residuos metabólicos, heces y amonio, y por los restos de pienso no consumido, por lo que resulta fundamental un adecuado diseño, una formulación óptima y un manejo correcto de los piensos. Los piensos con alta energía e ingredientes digestibles reducen las tasas de alimentación y por tanto reducen los residuos. No obstante, es el impacto ambiental global el más preocupante, y éste está relacionado con el uso de harinas y aceites de pescado procedentes de la pesca extractiva. Aunque esta pesquería parecía muy controlada y sostenible, en los últimos años se ha reducido, por lo que el aumento de producción acuícola futura pasa por la utilización masiva de fuentes proteicas y lipídicas vegetales, y también por el aprovechamiento de subproductos del procesado de pescado, y de las harinas de carne.

La calidad final del pescado de acuicultura es un reflejo de su alimentación, sobre todo en lo referente al nivel total de lípidos y al perfil de ácidos grasos, por lo que la utilización de piensos con adecuados niveles de energía y omega-3, sobre todo en las fases finales, es fundamental.

Por último, los peces pueden acumular en su carne algunos contaminantes procedentes del medio natural (dioxinas, PCBs, etc) como consecuencia de la contaminación difusa de harinas y aceites de pescado, por lo que la elección de buenos ingredientes, e incluso su purificación, será fundamental en el futuro.

Niveles de nutrientes en los piensos

La determinación de los óptimos niveles nutritivos, proteína, lípidos y carbohidratos principalmente, ha sido uno de los aspectos más estudiados en la alimentación de los peces, pues tienen un gran efecto en su crecimiento y en el precio de los piensos. En general, la mayoría de los estudios se han llevado a cabo alimentando a los peces con diferentes niveles de cada uno de los nutrientes, y estudiando diferentes índices de crecimiento, eficiencia, composición corporal, incluso algunos económicos, para finalmente elegir los niveles más adecuados.

Esta aproximación ha sido efectiva, y progresivamente se han ido reduciendo los niveles de proteína e incrementando los niveles de lípidos, y por tanto la energía, dando lugar a los piensos de alta energía. Actualmente, los piensos comerciales para especies carnívoras como trucha, dorada, lubina y corvina, presentan unos niveles de proteína de entre 40 y 50%, y de entre 12 y 26 % de lípidos, en función de la fase de cría, aunque en el caso de rodaballo, los niveles proteicos son más elevados, de entre 52 y 58%.

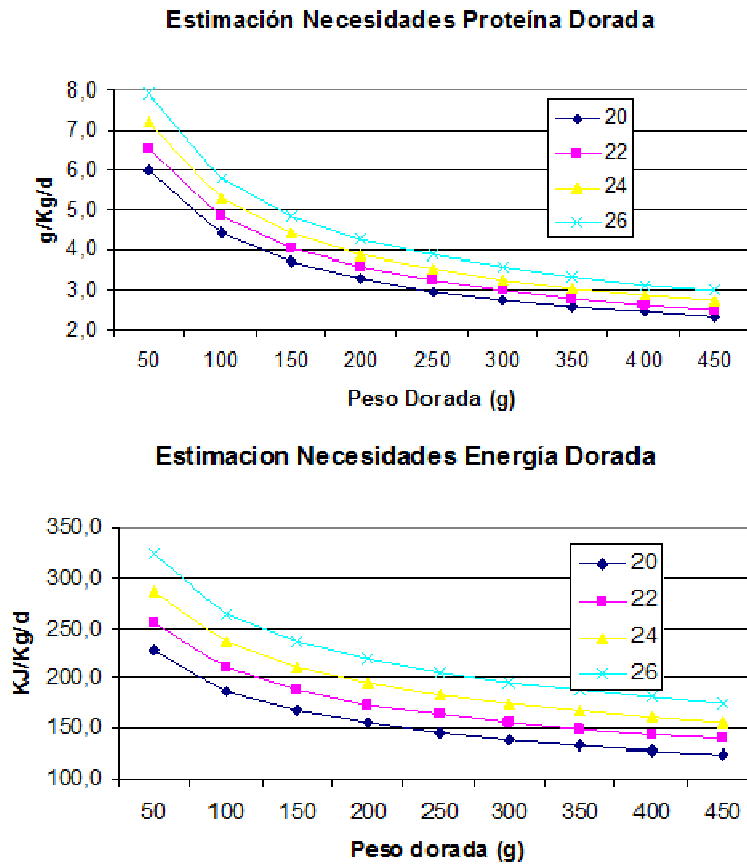
Durante los últimos años, se han obtenido buenos resultados de crecimiento, con conversiones medias de 2.2 para dorada y lubina, y 1.0 para trucha y rodaballo (Tacon & Metian, 2008), lo que permitía obtener una rentabilidad aceptable, pero en la situación actual de gran competencia en los mercados, los precios de venta se han reducido y la rentabilidad ha bajado hasta límites peligrosos, por lo que se impone la necesidad de optimizar los crecimientos e índices de conversión.

Aunque evidentemente todas las operaciones de producción tienen influencia en estos índices, es la alimentación la que más afecta, y no solo el nivel de nutrientes sino también la estrategia de alimentación, ambos aspectos muy interrelacionados.

El futuro requerirá un cambio radical en la forma de abordar el problema de los nutrientes en los piensos acuícolas. Por una parte será necesario determinar realmente las necesidades nutritivas de las especies, pues la estimación de los niveles de nutrientes en los piensos no es una medida de las necesidades, y por otra habrá que prestar mucha más atención a las necesidades de los micronutrientes, principalmente aminoácidos y ácidos grasos esenciales, lo que sin duda ayudará a la correcta elección y uso de ingredientes alternativos.

Las necesidades nutritivas tendrían que ser expresadas en términos de gramos de proteína y kilo-julios de energía por kilogramo de pez y día, como se hace en las especies ganaderas. Lupatsch y col. (1998, 2001, 2003) y Fournier y col. (2002) han estudiado las necesidades de varias especies, incluyendo lubina y dorada, siguiendo un modelo factorial, que finalmente permite también establecer la óptima relación proteína/energía y las óptimas tasas de alimentación diaria. A partir de los resultados de Lupatsch y col. (2003) es posible estimar las necesidades de proteína y energía (Figura 1), pero sería necesario mejorar la determinación de dichas necesidades nutritivas para las especies de interés acuícola, considerando los diferentes tamaños y temperaturas del ciclo de producción, así como las estirpes mejoradas de peces de cada zona, pues la velocidad de crecimiento tiene un gran efecto en las necesidades.

Figura 1. Estimación de las necesidades de proteína y energía para la dorada (Elaboración propia a partir de Lupastch y col. 2003)



En relación a las necesidades de aminoácidos, Kaushik (2008) estimó las necesidades de dorada, lubina y rodaballo en base a la composición corporal, y posteriormente, Peres & Oliva-Teles (2009) evaluaron las necesidades de juveniles de dorada mediante el método de dilución (Tabla 1).

Tabla 1. Comparación de la estimación de las necesidades de aminoácidos esenciales (g/100g proteína) en la dorada mediante diferentes métodos y autores.

AAE	Método Composición Corporal (Kaushik, 1998)	Método Dilución (Peres y Oliva-Teles, 2009)
Arg	5,4	5,5
His	1,7	1,9
Ile	2,6	2,5
Leu	4,5	4,7
Lys	5,0	5,1
Met+Cys	2,4	2,6
Phe+Tyr	2,9	5,7
Thr	2,8	3,0
Try	0,6	0,8
Val	3,0	3,2

En general, los resultados con ambos sistemas coinciden (excepto para la fenilalanina – cisteína) pero todavía no se conocen los requerimientos cuantitativos de los aminoácidos esenciales para todas las fases de crecimiento.

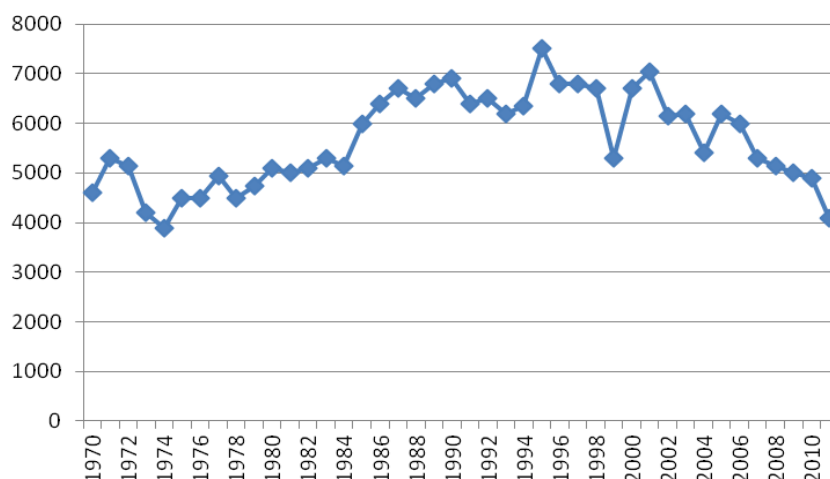
En cuanto a los ácidos grasos esenciales (AGE), fundamentales además de para el crecimiento de los peces, para su reproducción, inmunidad y calidad final del producto, hay algunos datos disponibles de necesidades de varios AGE para las especies acuícolas (Glencross, 2009), pero en general, las necesidades cuantitativas de los principales ácidos grasos esenciales altamente insaturados, ARA, EPA y DHA, todavía no se conocen.

Por ello, en el futuro se requerirá un mayor esfuerzo en esta dirección, pues el conocimiento de estas necesidades permitirá abordar de una forma más racional la sustitución de harinas y aceites de pescado por otras fuentes.

Ingredientes alternativos

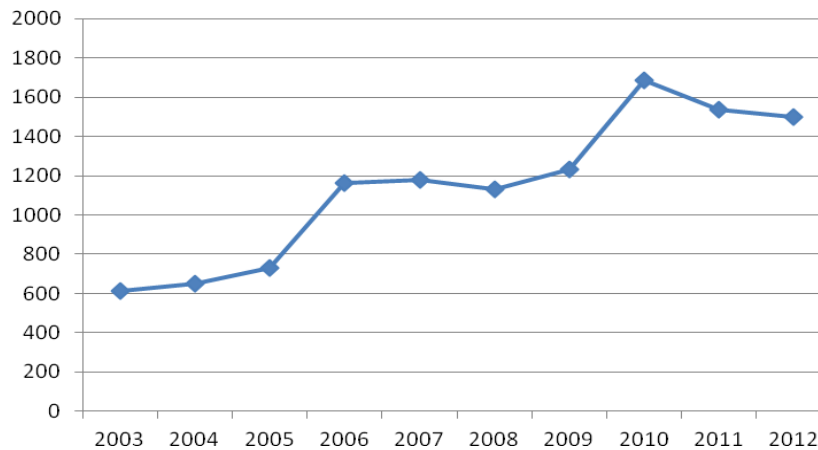
Durante los últimos años se han llevado a cabo numerosas investigaciones con ingredientes alternativos a la harina y aceite de pescado, motivados por la reducción en la producción (Figura 2), ya que tras alcanzarse unos máximos de 7 millones de toneladas de harina y 1,5 millones de toneladas de aceite en la década de los años noventa, en la actualidad, la producción se ha reducido a unos 4 y 0,9 millones de toneladas respectivamente.

Figura 2. Evolución de la producción de harina de pescado (x 1000 kg) (Fuente IFFO)



Esta escasez, junto con el aumento de la demanda como consecuencia de incremento de la producción acuícola mundial, ha originado un notable incremento del precio de la harina de pescado (Figura 3), con precios por encima de los 1.500 \$/ton, aunque en el caso de aceite, tras la subida de su precio en los años 2007-2008, la situación se ha estabilizado en torno a 800-1000 \$/ton.

Figura 3. Evolución del precio de la harina de pescado (dólares/tonelada)(Fuente: www.ychart.com)



No obstante, la cantidad de harina y aceite de pescado destinado a la acuicultura se ha reducido en los últimos años, según los datos de Tacon y col (2011) que se muestran en la Tabla 2, tendencia que continuará para la harina de pescado en el 2020, pero no para el aceite, que aumentará.

Tabla 2. Consumo de harina y aceite de pescado por la acuicultura.

Año	Harina pescado (ton)	% de Total harina pescado	Aceite pescado (ton)	% Total aceite pescado
1995	1,87	-	0,46	-
2006	3,72	68	0,83	88
2007	3,84	68	0,82	81
2008	3,72	61	0,78	74
2020	3,49	-	0,91	-

Por ello, numerosas investigaciones han sido realizadas y publicadas en los últimos años, en los que se han estudiado los óptimos niveles de ingredientes alternativos, sobre todo vegetales. Especialmente interesantes son las revisiones de Sales (2009) para harina de pescado y Sales & Glencross (2010) para aceite de pescado.

En el caso de la dorada, hay numerosos trabajos que estudian ingredientes individuales, pero los mejores resultados han sido obtenidos con mezclas de diferentes materias vegetales suplementadas con aminoácidos esenciales, habiendo llegado incluso a la sustitución total de la harina de pescado (Tabla 3). El estudio previo de las necesidades cuantitativas de los aminoácidos esenciales resultaría fundamental para establecer los niveles adecuados de sustitución.

Tabla 3. Sustitución de harina de pescado por ingredientes vegetales en dorada

Autor	Ingrediente	Niveles ingredientes (%)	Peso final (g)	TCI (% d ⁻¹)	FCR
De Francesco y col. (2007)	Harina pescado/ gluten	70/0/0/0/0	431	0.44	1.30 a
	maiz/ gluten				
	trigo/guisante/ colza	18/18/18/9/7 +aa	428	0.43	1.20 b
Días y col. (2009)	Harina pescado/ hemoglobina/ soja/ concentrado prot. soja/ concentrado prot. guisante / gluten trigo/ gluten maiz (+ AAE)	32/5/15/6/0/0/6	300	0.56	1.41
		19/5/12/6/6/3/12	301	0.57	1.39
		13/7/12/6/8/5/11	293	0.54	1.43
Sánchez-Lozano y col. (2009)	Harina pescado/ Concentrado proteico	61/0/0	372 a	0,96 a	2,40
	guisante/ Conc. proteico	23/16/22	364 a	0,93 a	1,92
	arroz (+ AAE)	5/25/33	326 b	0,78 b	2,39
Tomas y col. (2009)	Harina Pescado/Mezcla	100/0	361 a	0,64 a	1,54
	gluten trigo, soja, colza y krill (+AAE)	25/75	396 b	0,70 b	1,60
		0/100	390 b	0..69 b	1,80

En la actualidad, el empleo de fuentes proteicas animales terrestres no está permitido en la Unión Europea, con excepción de las harinas de sangre, pero en el futuro habría que re-considerar su inclusión en las especies carnívoras.

En cuanto a la sustitución del aceite de pescado, se han obtenido buenos resultados con niveles de entre 33 y 50% de diversos aceites vegetales (Tabla 4). La alimentación con diversas fuentes de lípidos tiene un importante efecto sobre la composición final de ácidos grasos en la carne, pues la inclusión de aceites vegetales dan lugar a peces con una menor proporción de HUFAs y mayor de PUFAs (Izquierdo y col., 2005; Benedito-Palos y col, 2008, 2009, 2010, 2011; Wassef y col. 2009).

Algunos autores han estudiado la posibilidad de una realimentación final con una dieta de acabado rica en aceite de pescado, pero lo resultados han sido contradictorios, pues Izquierdo y col. (2005) y Fountoulaki y col. (2009) consiguieron re-establecer el perfil de ácidos grasos ricos en HUFAs en la carne de la dorada, mientras que Benedito-Palos y col. (2009) no encontró ningún efecto. Recientemente, Benedito-Palos y col. (2011) y Ballester-Lozano y col. (2011) han modelizado la predicción de ácidos grasos del filete de la dorada mediante análisis de regresión.

Además de optimizar el contenido en lípidos totales y el perfil de HUFAs en el filete de los peces alimentados con fuentes alternativas, también habría que considerar los aspectos de calidad de la carne y propiedades sensoriales. En este sentido, Matos y col. (2012) han estudiado el efecto de los ingredientes vegetales en la calidad del filete de dorada, habiendo obtenido algunas diferencias respecto a las dietas a base de harina y aceite de pescado.

Tabla 4. Sustitución de aceite de pescado por aceites vegetales en dorada

Autor	Aceite	Niveles aceites (%)	Peso final (g)	TCI (% d ⁻¹)	FCR
Izquierdo y cols. (2005)	Pescado/soja/colza/linolino	18/0/0/0	464 a	0.68 a	-
		7/11/0/0	460 ab	0.68 a	-
		7/0/11/0	446 ab	0.66 a	-
		7/0/0/11	459 ab	0.67 a	-
		3.5/14/0/0	441 b	0.62 b	-
		3.5/0/0/14	441 b	0.66 a	-
Martínez Llorens y cols. (2007)	Pescado/soja	12.4/0	349 a	1.02	1.97
		9/3.4	343 a	1.00	1.89
		5.6/6.8	338 a	0.96	1.89
		2.2/10.2	324 b	0.96	1.96
Benedito y cols. (2008)	Pescado/colza/lino/palma	15/0/0/0	258 ab	1.14 ab	0.99
		10/0.8/2.9/1.2	269 b	1.16 a	1.02
		5/1.7/5.8/2.5	254 a	1.13 b	1.02
		0/2.6/9.9/3.8	237 c	1.11 c	1.03

A la vista de todos estos trabajos, se puede concluir que es posible reducir el contenido de las harinas y aceites en los piensos para dorada hasta 150 g/kg y 10% respectivamente (www.aquamaxip.eu), aunque los niveles en algunos piensos comerciales son todavía algo más elevados, de entre 180-200 g/kg y 100-160 g/kg respectivamente.

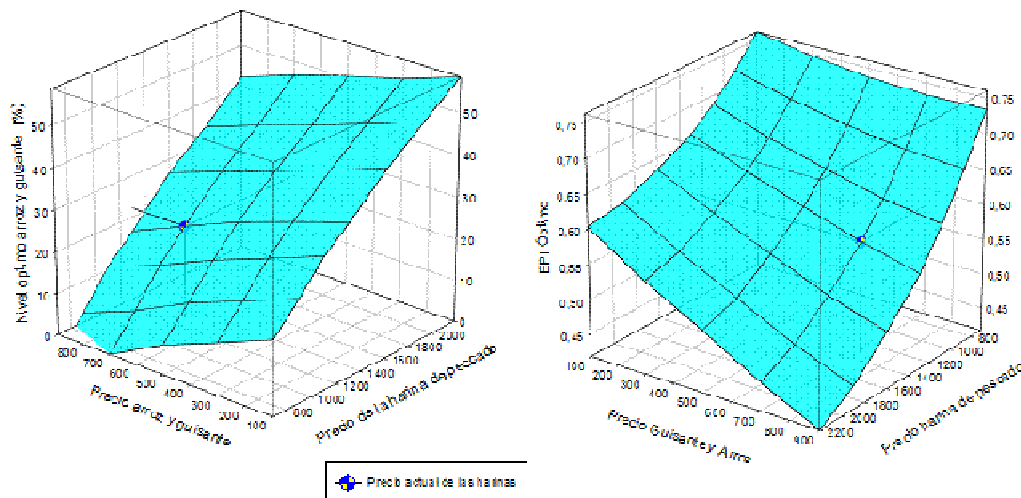
El empleo de micro-algas ricas en HUFAs como suplemento a los aceites vegetales en sustitución del aceite de pescado, puede ser una alternativa de futuro, pero actualmente el coste de producción es muy elevado, por lo que de momento solo se utilizan en la alimentación larvaria.

El empleo de subproductos de procesado de pescado de granja, convenientemente conservados mediante hidrólisis o ensilado, podría ser también una alternativa de futuro.

Finalmente, hay que considerar que las dietas con elevados niveles de aceites de pescado, pueden aumentar el riesgo de sustancias contaminantes (PCBs y dioxinas) presentes en las cadenas tróficas marinas (Nacher-Mestre y col., 2009).

Tradicionalmente, los trabajos de sustitución de ingredientes no consideran los aspectos económicos, pero recientemente Martínez-Llorens y col. (2011) han estudiado el nivel óptimo de sustitución en función del precio de los ingredientes, y el beneficio (EPI) de la incorporación de ingredientes alternativos en función del precio de los mismos (Figura 4).

Figura 4. Superficies de respuesta del nivel óptimo de inclusión de una mezcla de concentrado proteico de arroz y guisante y del beneficio (EPI) en la dorada (Fuente: Martínez-Llorens y col., 2011).



En el futuro habrá que prestar una especial atención a la posibilidad de incorporar diversos aditivos en los piensos (inmuno-estimulantes, antioxidantes, pro y prebióticos, etc) que mejoren el estado de salud de los peces y los índices de crecimiento y aprovechamiento nutritivo. Aunque algunas investigaciones han sido llevadas a cabo (Couso y col., 2003; Bricknell & Dalmo, 2005; Ringo y col., 2010; Cerezuela 2012), sería necesario una mayor esfuerzo investigador.

Estrategia de alimentación

En su sentido práctico, la estrategia de alimentación hace referencia a la forma de suministrar el pienso a los peces, e incluye el sistema de distribución, la tasa de alimentación, y el número y horario de las comidas diarias.

El principal sistema de distribución del alimento en las jaulas o corrales marinos es el manual con cañones neumáticos sobre embarcación, aunque en algunas granjas se han instalados sistemas automáticos centralizados con videocámaras y/o detectores de caída de pienso. El sistema de alimentación es de tipo restringido en base a las tasas de alimentación recomendadas por los fabricantes del pienso, establecidas en función del contenido energético y proteico del mismo, de la temperatura y el peso de los peces. En el caso de alevines en instalaciones de tierra, la alimentación se lleva a cabo mediante comederos de cinta o auto-demanda para maximizar el acceso de todos los peces al alimento y maximizar su crecimiento, aunque resulta conveniente realizar alguna comida a mano para eliminar la competencia por el pienso y reducir la dispersión.

Las tasas de alimentación aumentan con la temperatura y se reducen con el aumento del tamaño de los peces, y en relación al tipo de pienso, las tasas son menores para los piensos de alta energía, pero estos deben mantener la relación proteína/energía en un nivel adecuado.

A modo de ejemplo, en la Tabla 5 se presentan varios piensos con diferentes contenidos de energía digestible (ED = 20, 18 y 16 MJ/kg) diseñados para alimentar doradas de 250-300 g a 25 °C, de forma que ingieran la misma cantidad de energía (TAE) y proteína (TAP) al día, para lo cual, a medida que aumenta el nivel energético (PD) debe aumentar también la proteína (PD) para mantener constante la relación proteína/energía (R PD/ED), y reducirse la tasa de alimentación diaria (TAD). Las relaciones entre crecimiento, TAD e índice de conversión (IC) han sido estudiadas por Jauralde y col. (2011).

Tabla 5. Diseño teórico de piensos óptimos para dorada (Fuente: Elaboración propia)

	44/20	40/18	35/16
ED (MJ/kg pienso)	20	18	16
TAD (kg/100 kg pez/d)	1,5	1,67	1,88
TAE (MJ/100 kg pez/d)	30	30	30
R PD/ED	22	22	22
PD (g/kg pienso)	440	396	352
TAP (g/100 kg pez/d)	660	660	660

Los tres piensos propuestos (44/20, 40/18 y 35/16) deben dar el mismo crecimiento y su elección debería hacerse en función de su precio y del índice de conversión, es decir del índice de conversión económico.

Para un correcto diseño de los piensos es necesario conocer las necesidades proteicas y energéticas de los peces (para cada peso y temperatura) de forma que se pueda estimar las TAP y TAE, y a partir de estas establecer la óptima relación proteína/energía y la tasa de alimentación diaria. Por tanto, sería conveniente la existencia de piensos diferentes para el verano y para el invierno.

Una vez que se ha determinado la TAD óptima, hay que establecer la ración diaria de pienso para cada jaula, y para ello se necesita conocer la temperatura del agua y la biomasa de peces en cada jaula. El problema práctico reside en estimar dicha biomasa a partir del número de peces y su peso medio, pues ello requiere un perfecto control de las bajas, la limitación de los escapes, la realización periódica de muestreos de pesos, y la estimación del crecimiento entre muestreos (al menos semanalmente). El desarrollo de sistemas de determinación directa de la biomasa mediante sondas de ultrasonido combinadas con video-cámaras debería ser una prioridad en el futuro.

Si el número de peces en cada jaula no está bien estimado, se alimentará en exceso, y si el peso medio de los peces se actualiza adecuadamente, se alimentará por defecto, y todo ello originara unos elevados índices de conversión.

En cuanto al número y horario de comidas al día, se requieren ensayos en condiciones reales de producción, pues algunos trabajos de laboratorio han demostrado que las doradas prefieren alimentarse por la tarde y los resultados de crecimiento y eficacia del alimento son mejores (Azzaydi y col., 2000; Sánchez-Muros y col., 2003). Aunque esta práctica puede suponer un mayor coste, podría verse compensada por un mejor crecimiento y conversión.

Conclusiones

La investigación en nutrición acuícola realizada durante los últimos años y la existencia de piensos comerciales adecuados ha permitido el desarrollo de una producción rentable de peces, pero las condiciones económicas actuales obligan a una optimización de los costes de producción.

Siendo el coste de la alimentación el más importante, en torno al 50% del total, parece necesaria una optimización de los piensos, tanto en sus aspectos clásicos, - necesidades nutritivas, ingredientes alternativos y estrategia alimentaria - con el objeto de reducir los índices de conversión hasta valores de 1.5 – 1.8, como en los aspectos ambientales, de seguridad alimentaria y de calidad final del filete, para mejorar la imagen de la acuicultura en la sociedad.

Esta optimización de la alimentación de los peces de granja, requiere de la colaboración de los investigadores y las empresas, tanto de fabricación de piensos como de producción,

para priorizar las necesidades y llegar a cabo los ensayos en condiciones reales para la asegurar la transferencia de los resultados obtenidos.

Bibliografía

1. Azzaydi, M.; Madrid, J. A.; Zamora, S.; Sánchez-Vázquez, F. J.; Martínez, F. J. 1998. Effect of three feeding strategies (automatic, ad libitum demand feeding and time-restricted demand feeding) on feeding rhythms and growth in European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Aquaculture* 163, 285–296.
2. Ballester-Lozano G., Benedito-Palos L., Navarro J. C., Kaushik S., Pérez-Sánchez J. 2011. Prediction of fillet fatty acid composition of market-size gilthead sea bream (*Sparus aurata*) using a regression modelling approach. *Aquaculture*, 319: 81-88.
3. Benedito-Palos, L., Navarro, J.C., Sitja-Bobadilla, A., Bell, J.G., Kaushik, S., Pérez-Sánchez, J., 2008. High levels of vegetable oils in plant protein-rich diets fed to gilthead sea bream (*sparus aurata* L.): Growth performance, muscle fatty acid profiles and histological alterations of target tissues. *Br. J. Nutr.* 100, 992-1003.
4. Benedito-Palos, L., Navarro, J.C., Bermejo-Nogales, A., Saera-Vila, A., Kaushik, S., Pérez-Sánchez, J., 2009. The time course of fish oil wash-out follows a simple dilution model in gilthead sea bream (*sparus aurata* L.) fed graded levels of vegetable oils. *Aquaculture* 288, 98-105.
5. Benedito-Palos, L., Navarro, J.C., Kaushik, S., Pérez-Sánchez, J., 2010. Tissue-specific robustness of fatty acid signatures in cultured gilthead sea bream (*sparus aurata* L.) fed practical diets with a combined high replacement of fish meal and fish oil. *J. Anim. Sci. (Champaign, IL, U. S.)* 88, 1759-1770.
6. Benedito-Palos, L., Bermejo-Nogales, A., Karampatos, A.I., Ballester-Lozano, G., Navarro, J.C., Díez, A., Bautista, J.M., Bell, J.G., Tocher, D.R., Obach, A., Kaushik, S., Pérez-Sánchez, J., 2011. Modelling the predictable effects of dietary lipid sources on the fillet fatty acid composition of one-year-old gilthead sea bream (*sparus aurata* L.). *Food Chem.* 124, 538-544.
7. Bricknell, I., Dalmo, R.A. 2005. The use of immunostimulants in fish larval aquaculture. *Fish & Shellfish Immunology* 19, 457-472.
8. Cerezuela, R. 2012. Nuevos Probióticos y Prebióticos para dorada (*Sparus aurata*). Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.
9. Couso, N., Castro, R., Magarinos, B., Obach, A., Lamas, J., 2003. Effect of oral administration of glucans on the resistance of gilthead seabream to pasteurellosis. *Aquaculture* 219, 99-109.
10. Dias, J., Conceicao, L.E.C., Ribeiro, A.R., Borges, P., Valente, L.M.P., Dinis, M.T., 2009. Practical diet with low fish-derived protein is able to sustain growth performance in gilthead seabream (*sparus aurata*) during the grow-out phase. *Aquaculture* 293, 255-262.
11. Fountoulaki, E., Alexis, M.N., Nengas, I., Venou, B., 2005. Effect of diet composition on nutrient digestibility and digestive enzyme levels of gilthead sea bream (*sparus aurata* L.). *Aquacult. Res.* 36, 1243-1251.

12. Fountoulaki, E., Vasilaki, A., Hurtado, R., Grigorakis, K., Karacostas, I., Nengas, I., Rigos, G., Kotzamanis, Y., Venou, B., Alexis, M.N., 2009. Fish oil substitution by vegetable oils in commercial diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.); effects on growth performance, flesh quality and fillet fatty acid profile. *Aquaculture* 289, 317-326.
13. Fournier V., Gouillou M.F., Metailler R., Vachot C., Guedes M.J., Tulli F., Oliva-Teles A., Tibaldi E., Kaushik S. (2002). Protein and arginine requirements for maintenance and nitrogen gain in four teleosts. *British Journal of Nutrition* 87, 459-469.
14. Glencross B. 2009. Exploring the nutritional demand for essential fatty acids by aquaculture species. *Reviews in Aquaculture*, 1: 71-124.
15. Izquierdo, M.S., Montero, D., Robaina, L., Caballero, M.J., Rosenlund, G., Gines, R., 2005. Alterations in fillet fatty acid profile and flesh quality in gilthead seabream (*Sparus aurata*) fed vegetable oils for a long term period. recovery of fatty acid profiles by fish oil feeding. *Aquaculture* 250, 431-444.
16. Jauralde I., S. Martínez-Llorens, A. Tomás, R. Ballestrazzi, M. Jover. 2011. A proposal for modelling specific growth rate and feed conversion ratio in gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.). *Aquaculture research*, 1-11.
17. Kaushik, S. J. (1998) Whole body amino acid composition of European seabass (*Dicentrarchus labrax*), gilthead seabream (*Sparus aurata*) and turbot (*Psetta maxima*) with an estimation of their IAA requirement profiles. *Aquat. Living Resour.* 11, 355-358.
18. Lupatsch I., Kissil G. Wm., Sklan D, Pfeffer E. 1998. Energy and protein requirements for maintenance and growth in gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Aquacult. Nutr.*,4:165-173.
19. Lupatsch I., Kissil G. Wm., Sklan D., Pfeffer E. 2001. Effects of varying dietary protein and energy supply on growth, body composition and protein utilization in gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Aquacult. Nutr.*,7:71-80.
20. Lupatsch I, Kissil G., Sklan D. 2003. Defining energy and protein requirements of gilthead seabream (*Sparus aurata*) to optimize feeds and feeding regimes. *The Israeli J. of Aquaculture*, 55: 243-257.
21. Martínez-Llorens, S., Vidal, A.T., Monino, A.V., Torres, M.P., Cerda, M.J., 2007. Effects of dietary soybean oil concentration on growth, nutrient utilization and muscle fatty acid composition of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). *Aquacult. Res.* 38, 76-81.
22. Martínez-Llorens S., Tomás S., Jover M. 2011. A new tool for determining the optimum fish meal and vegetable meals in diets for maximizing the economic profitability of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). *Aquaculture Research*.
23. Matos E., Gonçalves A, Bandarra N., Colen R., Nunes M.L., Valente M.L, Dinis M.T. Días J. 2012. Plant proteins and vegetable oil do not have detrimental effects on post-mortem muscle instrumental texture properties and nutritional value of gilthead seabream. *Aquaculture*, 358-359: 205-212.

24. Nacher-Mestre J., Serrano R., Benedito-Palos L., Navarro J. C., López F., Pérez-Sánchez J. 2009. Effect of fish oil replacement and re-feeding on the bioaccumulation of organochlorine compounds in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) of market size. *Chemosphere*, 76: 811-817.
25. Peres, H. & Oliva-Teles A. (2009). The optimum dietary essential amino acid profile for gilthead sea bream juveniles. *Aquaculture*, 296, 81-86.
26. Ringo E., Olsen R.E., Giestad T., Dalmo R.A. Amlud H., Hemre G. Bakke A.M. 2010. Probiotics in aquaculture: a review. *Aquaculture Nutrition*, 16: 117-136.
27. Sánchez-Lozano, N.B., Martínez-Llorens, S., Tomas-Vidal, A., Cerda, M.J., 2010. Effect of high-level fish meal replacement by pea and rice concentrate protein on growth, nutrient utilization and fillet quality in gilthead seabream (*sparus aurata*, L.). *Aquaculture* 298, 83-89.
28. Sánchez-Muros, M.J., Corchete, V., Suñrez, M.D., Cardenete, G., Gómez-Milán, E., de I.H., 2003. Effect of feeding method and protein source on *sparus aurata* feeding patterns. *Aquaculture* 224, 89-103.
29. Sales, J. 2009. The effect of fish meal replacement by soyabean products on fish growth: a meta-analysis. *British Journal of Nutrition*, 102, 1709–1722.
30. Sales J. Glencross B. 2010. A meta-analysis of the effects of dietary marine oil replacement with vegetable oils on growth, feed conversion and muscle fatty acid composition of fish species. *Aquaculture Nutrition*.
31. Tacon A., Metian M. 2008. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: trends and future prospects. *Aquaculture*, 285: 146-158.
32. Tacon A., Hasan M., Metian M. 2011. Demand and supply of feed ingredients for farmed fish and crustaceans. Trends and prospects. *Fisheries and Aquaculture Technical Paper*. FAO, 564.
33. Wassef, E.A., Saleh, N.E., El-Abd, E., Heyam A., 2009. Vegetable oil blend as alternative lipid resources in diets for gilthead seabream, *sparus aurata*. *Aquacult. Int.* 17, 421-435.