

Interacciones entre aceites ácidos esterificados saturados e insaturados en la alimentación de pollos de carne. 1. Rendimientos productivos, digestibilidad y depósito de grasa

E. VILARRASA* y A.C. BARROETA

Servei de Nutrició i Benestar Animal (SNiBA), Departament de Ciència Animal i dels Aliments, Facultat de Veterinària, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra, España

* Autor corresposal: ester.vilarrasa@uab.cat

Los aceites ácidos esterificados resultan de la unión de dos co-productos de bajo coste: el glicerol y los aceites ácidos ricos en ácidos grasos libres. La incorporación de estos nuevos aceites en la alimentación de pollos de carne permite alcanzar resultados productivos similares a los de los aceites convencionales, aunque sus propiedades físico-químicas sean distintas. Por otro lado, es conocido que las fuentes de grasa insaturadas tienen un mayor valor nutricional en comparación con las saturadas, y que su uso influye en la calidad del producto final. Por todo ello, el objetivo del presente estudio fue estudiar las interacciones que se establecen al combinar el aceite ácido esterificado de palma, rico en ácidos grasos saturados (AGS: 54%; AGMI: 38%; AGPI: 8%) con un aceite ácido esterificado de soja, rico en ácidos grasos insaturados (AGS: 15%; AGMI: 40%; AGPI: 46%), y observar su efecto sobre los rendimientos productivos, la digestibilidad de los ácidos grasos y el depósito de grasa en pollos de carne. Para ello, 120 pollos hembra Ross 308 de 1 día, se distribuyeron al azar en 30 jaulas. Los 5 tratamientos utilizados, resultaron de la formulación de un pienso base al que se incorporó un 6% de aceite ácido esterificado de palma y/o aceite ácido esterificado de soja en distintas proporciones. En relación a los parámetros productivos, no se observaron diferencias para la ganancia ni el consumo ($P > 0,05$), pero sí para el índice de conversión. Así, conforme aumentaba el consumo de AGPI, mejoraba el índice de conversión ($R^2 = 0,26$; $P = 0,004$), debido al aumento de digestibilidad tanto de los AGPI ($R^2 = 0,35$; $P = 0,001$) como de los AGS ($R^2 = 0,25$; $P = 0,005$). Por otro lado, se observó como el grado de insaturación de la grasa abdominal variaba en la misma dirección, pero en menor medida que el de la dieta. Variaciones en el pienso de prácticamente un 30% tanto en la fracción poliinsaturada como en la saturada, sólo provocaron cambios en la grasa abdominal del 17 y 10%, respectivamente. Esto quiere decir que cambios en el perfil en ácidos grasos del pienso provocan más modificación en la fracción poliinsaturada que en la saturada, resultado que puede deberse a las diferencias observadas en la eficiencia de depósito entre ambas fracciones. Así, a medida que aumentaba el grado de insaturación del pienso la eficiencia de depósito de los AGPI absorbidos se mantuvo relativamente constante ($R^2 = 0,16$; $P = 0,030$), mientras que la de los AGS absorbidos aumentó ($R^2 = 0,98$; $P < 0,001$) y disminuyó la de los AGMI ($R^2 = 0,65$; $P < 0,001$). Esto se debe a que el organismo tiene la necesidad de mantener el grado de insaturación de sus depósitos dentro de un rango fisiológico relativamente estrecho.

Palabras clave: aceites ácidos esterificados; ácidos grasos poliinsaturados; ácidos grasos saturados; balance de digestibilidad; grasa abdominal

Esterified acid oils are the result of the union of two low-cost by products: glycerol and acid oils

rich in free fatty acids. The addition of these new oils in broiler chicken diets allows to obtain similar growth performance results than their corresponding native oil, despite their different physicochemical properties. Furthermore, it is well established that unsaturated fat sources have a higher nutritive value than the saturated ones, and their use has influence on the quality of the final product. Therefore, the aim of this study was to assess the interactions established when combining palm esterified acid oil, rich in saturated fatty acids (SFA: 54%; MUFA: 38%; PUFA: 8%), with soybean esterified acid oil, rich in unsaturated fatty acids (SFA: 15%; MUFA: 40%; PUFA: 46%), on growth performance, fatty acid digestibility and fat deposition in broiler chickens. One-hundred and twenty 1-day-old female broiler chickens of Ross 308 strain, were randomly distributed in 30 cages. The 5 treatments used were the result of a basal diet supplemented with 6% of palm esterified acid oil and/or soybean esterified acid oil in different proportions. Regarding growth performance traits, no differences were observed for body weight gain and feed intake ($P > 0.05$), but differences were found for feed conversion ratio. Thus, the higher the PUFA intake, the better the feed conversion ratio ($R^2 = 0.26$; $P = 0.004$), due to the increased digestibility of both PUFA ($R^2 = 0.35$; $P = 0.001$) and SFA ($R^2 = 0.25$; $P = 0.005$). On the other hand, it was observed that the unsaturation degree of abdominal fat varied in the same direction, but to a lesser extent than that of the diet. Variations in the feed of practically 30% of both the polyunsaturated and the saturated fractions, only caused changes in the abdominal fat of 17 and 10%, respectively. This means that changes in the fatty acid profile of the feed causes more variation in the polyunsaturated fraction than in the saturated one, which can be related with the differences observed in the deposition efficiency between the two fractions. Thus, as unsaturation degree of the feed increased, the deposition efficiency of PUFA absorbed remained relatively constant ($R^2 = 0.16$; $P = 0.030$), whereas the efficiency of SFA absorbed increased ($R^2 = 0.98$; $P < 0.001$), and the efficiency of MUFA decreased ($R^2 = 0.65$; $P < 0.001$). This is because the body has the necessity to maintain the degree of unsaturation of their depots within a relatively narrow physiological range.

Key words: esterified acid oils; polyunsaturated fatty acids; saturated fatty acids; digestibility balance, abdominal fat

Introducción

Los aceites ácidos esterificados resultan de la unión de dos co-productos de bajo coste: por un lado el glicerol, procedente de la fabricación del biodiesel, y por el otro los aceites ácidos, ricos en ácidos grasos libres, procedentes de la refinación de los aceites crudos. La incorporación de estos nuevos aceites en la alimentación de pollos de carne se ha visto que permite alcanzar resultados productivos similares a los de los aceites convencionales, aunque sus propiedades físico-químicas sean distintas (Vilarrasa, et al., 2011 y 2012).

Por otro lado, desde un punto de vista productivo, es bien sabido que las fuentes de grasa insaturadas tienen un valor nutricional superior a las saturadas (Blanch et al., 1996), ya que los ácidos grasos saturados (AGS), debido a su elevado punto de fusión y alta hidrofobicidad, tienden a interactuar con el calcio, formando jabones altamente insolubles que son eliminados por las heces (Brink et al., 1995).

Sin embargo, desde un punto de vista de calidad del producto final, también hay que tener en cuenta que las materias grasas incorporadas en el pienso tienen una influencia directa sobre los depósitos de grasa del animal, tanto a nivel comercial y organoléptico, como nutricional (Zollitsch et al., 1997; Crespo y Esteve-Garcia, 2002a; Villaverde et al., 2006).

Por todo ello, el objetivo del presente trabajo fue estudiar las interacciones que se establecen al combinar un aceite ácido esterificado de palma, rico en ácidos grasos saturados, con un aceite ácido

esterificado de soja, rico en ácidos grasos insaturados, y observar su efecto sobre los rendimientos productivos, la digestibilidad de los ácidos grasos y el depósito de grasa abdominal en pollos de carne.

Material y métodos

Pienso y diseño experimental

La fabricación de los piensos experimentales se llevó a cabo en la estación experimental del IRTA “Mas de Bover” (Reus, España).

Se siguió un plan de formulación en dos fases: iniciación (hasta los 20 días de edad, en forma de harina) y de crecimiento (de los 21 días hasta el final, en forma de granulado). Los piensos experimentales fueron formulados para satisfacer o exceder las necesidades señaladas en FEDNA (2008) a partir de una dieta base (*Tabla 1*) suplementada con un 6% de aceite ácido esterificado de palma y/o aceite ácido esterificado de soja (proporcionadas por SILO S.p.a., Florencia, Italia) en distintas proporciones, obteniendo un total de 5 tratamientos (*Tabla 2*).

La mezcla de los dos aceites ácidos esterificados permitió establecer un gradiente de insaturación de 5 puntos, con un rango de variación de prácticamente el 30% tanto en el contenido de AGS (principalmente constituido por el ácido palmítico) como el de AGPI (principalmente constituido por el ácido linoleico), manteniendo el contenido de AGMI prácticamente constante.

Tabla 1: Ingredientes y composición en nutrientes de los piensos experimentales.

	Pienso iniciación (0-20 d)	Pienso crecimiento (21-41 d)		Pienso iniciación (0-20 d)	Pienso crecimiento (21-41 d)
<i>Ingredientes (%)</i>			<i>Composición en nutrientes analizada (% ± DE)⁴</i>		
Trigo	51,37	44,80	Materia seca	90,90 ± 0,036	89,36 ± 0,271
Harina de soja 48%	38,58	27,71	Cenizas	7,25 ± 0,238	5,26 ± 0,167
Cebada	-	18,26	Proteína bruta	24,83 ± 0,540	20,21 ± 0,391
Grasas experimentales ¹	6,00	6,00	Extracto etéreo	7,36 ± 0,166	7,37 ± 0,179
Fosfato dicálcico	1,69	1,33	Fibra bruta	2,84 ± 0,138	2,76 ± 0,072
Carbonato cálcico	1,30	0,86	<i>Composición en nutrientes calculada (%)</i>		
Cloruro de sodio	0,40	0,35	Lisina	1,30	1,10
Corrector ²	0,30	0,30	Metionina	0,56	0,48
DL-Metionina	0,23	0,18	Metionina+Cisteína	0,95	0,83
L-Lisina	0,07	0,11	Treonina	0,85	0,74
Suplemento enzimático ³	0,05	0,05	Ca ²⁺	1,14	0,85
Etoxiquin 66%	0,02	0,02	P disponible	0,45	0,38
DL-Treonina	-	0,02	Na ⁺	0,17	0,15
			EMA (kcal/kg de pienso)	2,914	2,950

¹ Aceite ácido esterificado de palma y/o aceite ácido esterificado de soja en distintas proporciones (*Tabla 2*)

² Proporciona por kg de pienso: vitamina A (E-672) 13500 UI; vitamina D₃ (E-671) 4800 UI; vitamina E (alfa-tocoferol) 45 mg; vitamina B₁ 3 mg; vitamina B₂ 9 mg; vitamina B₆ 4,5 mg; vitamina B₁₂ 16,5 µg; vitamina K₃ 3 mg; pantotenato de calcio 16,5 mg; ácido nicotínico 51 mg; ácido fólico 1,8 mg; biotina 30 µg; Fe (E-1) (procedente de FeSO₄·7H₂O) 54 mg; I (E-2) (procedente de Ca(I₂O₃)₂) 1,2 mg; Co (E-3) (procedente 2CoCO₃·3Co(OH)₂·H₂O) 0,6 mg; Cu (E-4) (procedente CuSO₄·5H₂O) 12 mg; Mn (E-5) (procedente MnO) 90 mg; Zn (E-6) (procedente ZnO) 66 mg; Se (E-8) (procedente Na₂SeO₃) 0,18 mg; Mo (E-7) ((NH₄)₆Mo₇O₂₄) 1,2 mg.

³ Proporciona por kg de pienso: β-glucanasa 350 UI; xilanasa 1125 UI.

⁴ Los valores son medias de 2 determinaciones para cada uno de los 5 piensos experimentales, de muestras tomadas después de la fabricación y al final de cada fase de producción (día 20 y 41).

Tabla 2: Niveles de inclusión de los aceites y composición en ácidos grasos de las dietas experimentales

	T1	T2	T3	T4	T5
<i>Fuente de aceite (g/kg de pienso)</i>					
Aceite ácido esterificado de palma	60	45	30	15	-
Aceite ácido esterificado de soja	-	15	30	45	60
<i>Composición en ácidos grasos (%)</i>					
AGS	45,5	38,6	31,2	23,9	16,1
C12:0	0,90	0,69	0,23	-	-
C14:0	1,20	0,99	0,72	0,47	-
C16:0	38,9	32,7	26,2	19,6	12,6
C18:0	4,52	4,22	4,03	3,79	3,53
AGMI	31,4	31,6	32,1	32,5	32,8
C18:1n9c	30,6	30,6	30,9	31,1	31,2
C18:1n11c	0,79	0,96	1,20	1,42	1,63
AGPI	23,1	29,8	36,7	43,7	50,2
C18:2n6c	21,3	27,1	33,1	39,2	44,9
C18:3n3c	1,82	2,71	3,63	4,48	5,32
AGI/AGS	1,20	1,59	2,21	3,19	5,16

AG: Ácidos grasos; AGS: AG saturados; AGI: AG insaturados; AGMI: AG insaturados; AGPI: AG poliinsaturados

Nota: El símbolo "-" indica valor no cuantificable.

Animales e instalaciones

Un total de 120 pollos hembra de la estirpe Ross 308 (Pondex, S.A.U. Juneda, España) de un día de edad, se distribuyeron al azar en los 5 tratamientos experimentales, a razón de 4 aves por jaula y 6 réplicas por tratamiento. El ensayo se llevó a cabo en la granja experimental del *Servei de Granges i Camps Experimentals* de la *Universitat Autònoma de Barcelona* y fue aprobado por el Comité de Ética de la misma institución.

A lo largo de todo el experimento, hasta los 41 días de edad, se realizaron controles de las condiciones ambientales y la administración de agua y pienso fue *ad libitum*.

Controles de producción, recogida de muestras y determinaciones analíticas

A lo largo de todo el periodo experimental, se realizaron controles de ingestión de pienso y peso de los animales para determinar el consumo medio diario (CMD), la ganancia media diaria (GMD) y el índice de transformación del alimento (IT).

Las muestras de pienso se analizaron para el análisis proximal, siguiendo los procedimientos propuestos por la AOAC (2005). También se determinó la energía bruta mediante calorímetro adiabático (IKA C-4000, Janke-Kunkel, Staufen, Alemania) y se cuantificaron los ácidos grasos aplicando la técnica de transesterificación directa (Sukhija y Palmquist, 1988). La composición nutritiva de las dietas experimentales se muestra en la *Tabla 1*, y su composición en ácidos grasos en la *Tabla 2*.

Entre los 7-10 días, y los 36-38 días de vida se llevaron a cabo dos balances de digestibilidad siguiendo el método de la recogida total de excretas y se procedió a la liofilización, para su posterior cuantificación de los ácidos grasos, siguiendo el mismo método descrito para los piensos. Los valores de digestibilidad se calcularon a partir de la diferencia entre la cantidad ingerida y la cantidad excretada, expresada como porcentaje de la cantidad ingerida.

Al final del experimento, 41 días de edad, los 24 animales de cada tratamiento fueron sacrificados, desangrados y desplumados en un matadero comercial (Gimave, S.A., Ripollet, España). Al cabo de 12 h del sacrificio se procedió al pesaje de la canal y a la extracción y pesaje del paquete de grasa abdominal (grasa que rodea el proventrículo hasta la cloaca).

Análisis estadístico

Para el análisis de regresión lineal simple se utilizó el procedimiento REG del SAS® (SAS Institute, 2008). En todos los casos, se consideraron significativos *P*-valores menores de 0,05.

Resultados y discusión

Tabla 3: Ecuaciones de regresión entre el consumo de AGPI y AGS (g/d, X), y sus correspondientes parámetros productivos, valores de digestibilidad y rendimientos de canal (Y)

Variable dependiente (Y)	Variable independiente (X)	Ecuación	P-valor	R ²	CV (%)
<i>Parámetros productivos globales</i>					
CMD (g/día)	Consumo AGPI (g/d)		0,342		
	Consumo AGS (g/d)		0,067		
GMD (g/día)	Consumo AGPI (g/d)		0,256		
	Consumo AGS (g/d)		0,653		
IT (consumo:ganancia)	Consumo AGPI (g/d)	$y = 1,78 - 0,03x$	0,004	0,26	1,96
	Consumo AGS (g/d)	$y = 1,64 + 0,02x$	<0,001	0,33	1,87
<i>Valores de digestibilidad globales</i>					
AG totales (%)	Consumo AGPI (g/d)	$y = 54,13 + 6,20x$	<0,001	0,33	8,11
	Consumo AGS (g/d)	$y = 83,82 - 4,94x$	<0,001	0,39	7,84
AGS (%)	Consumo AGPI (g/d)	$y = 49,55 + 5,74x$	0,005	0,25	10,26
	Consumo AGS (g/d)	$y = 77,22 - 4,65x$	0,002	0,30	9,98
AGMI (%)	Consumo AGPI (g/d)		0,054		
	Consumo AGS (g/d)	$y = 81,33 - 2,69x$	0,032	0,15	7,72
AGPI (%)	Consumo AGPI (g/d)	$y = 58,65 + 5,45x$	<0,001	0,35	6,84
	Consumo AGS (g/d)	$y = 84,74 - 4,33x$	<0,001	0,39	6,62
<i>Rendimientos de canal</i>					
Grasa abdominal (%)	Consumo AGPI (g/d)		0,158		
	Consumo AGS (g/d)		0,280		

CMD: Consumo medio diario; GMD: Ganancia media diaria; IT: Índice de transformación; AG: Ácidos grasos; AGS: AG saturados; AGI: AG insaturados; AGMI: AG insaturados; AGPI: AG poliinsaturados

En relación a los parámetros productivos (*Tabla 3*), no se observaron diferencias para la ganancia ni el consumo, pero sí para el IT. Conforme los animales consumieron más AGPI, obtuvieron mejores IT ($P = 0,004$) y, por el contrario, a medida que los animales consumieron más AGS, obtuvieron peores IT ($P < 0,001$), en concordancia con los resultados obtenidos por otros autores (Zollitsch et al. 1997; Crespo y Esteve-García, 2002b). Esto fue debido a que los animales que consumieron una mayor cantidad de AGS tendieron a comer más ($P = 0,067$), sin que esto se tradujera en una mayor ganancia de peso ($P = 0,653$).

Esta modificación en el consumo estuvo en relación con los valores de digestibilidad observados (*Tabla 3*). El aumento del consumo de AGS, perjudicó la absorción de los AG, tanto saturados como poliinsaturados (por cada gramo de AGS que el animal ingirió, la digestibilidad de los AG totales disminuyó en 4,94 puntos porcentuales). En cambio, el aumento del consumo de AGPI, favoreció a un mayor ritmo la absorción de los AG (por cada gramo de AGPI que el animal ingirió, la digestibilidad de los AG totales aumentó en 6,20 puntos porcentuales). Este antagonismo y sinergismo entre AGS y AGPI, también se ha observado en otros estudios (Sibbald y Kramer, 1980; Crespo y Esteve-García, 2002a; Ferrini et al., 2008). Además, se puede observar como con dietas muy saturadas y poco digestibles, los animales tienden a aumentar su consumo, como mecanismo para alcanzar una ingestión adecuada de energía metabolizable.

Por otro lado, ni el aumento del consumo de AGPI ni el de AGS produjo ninguna diferencia en el peso relativo del paquete de grasa abdominal ($P > 0,05$). Estos resultados difieren con las observaciones de otros autores, que han demostrado que la utilización de aceites ricos en AGPI, en comparación con grasas ricas en AGS, da lugar a una reducción de la grasa abdominal depositada en el animal (Sanz et al., 1999; Crespo y Esteve-García, 2002b; Villaverde et al., 2005; Ferrini et al., 2008). Sin embargo, la mayoría de estos estudios han utilizado grasas más extremas que las utilizadas en este trabajo, como son el sebo, que tiene un contenido en ácido esteárico superior al aceite de palma, y el aceite de linaza, que tiene más cantidad de ácido linolénico que el aceite de soja.

En relación a la composición en AG de la grasa abdominal, se observó como su grado de insaturación (relación AGI/AGS) variaba en la misma dirección, pero en menor medida que el de la dieta ($P < 0,001$), tal y como también han observado otros autores (Zollitsch et al., 1997; Ferrini et al., 2008). Un aumento en 4 unidades de la relación AGI/AGS del pienso, sólo se tradujo en 1 unidad de aumento en la grasa abdominal (*Figura 1*). Este cambio se debió a una menor modificación de los AGS

en comparación con la de los AGPI. Así, variaciones en el pienso de, prácticamente, un 30%, tanto en la fracción poliinsaturada como en la saturada, sólo provocaron cambios de un 17 y 10%, respectivamente, en la grasa abdominal (Figura 2). Esto quiere decir que cambios en el perfil en ácidos grasos del pienso provocan más modificación en la fracción poliinsaturada que en la saturada.

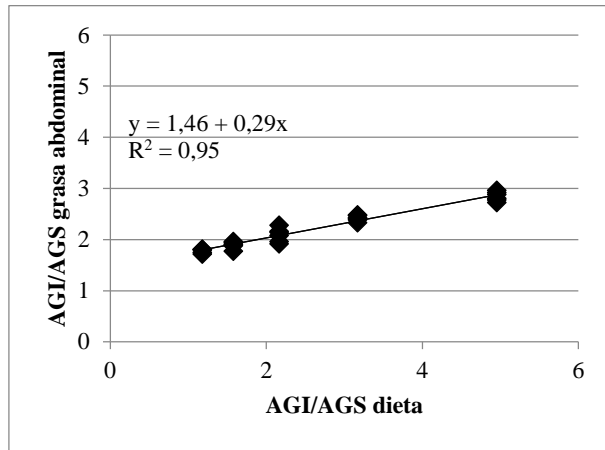


Figura 1: Relación entre el grado de insaturación de la dieta (relación AGI/AGS) y el de la grasa abdominal

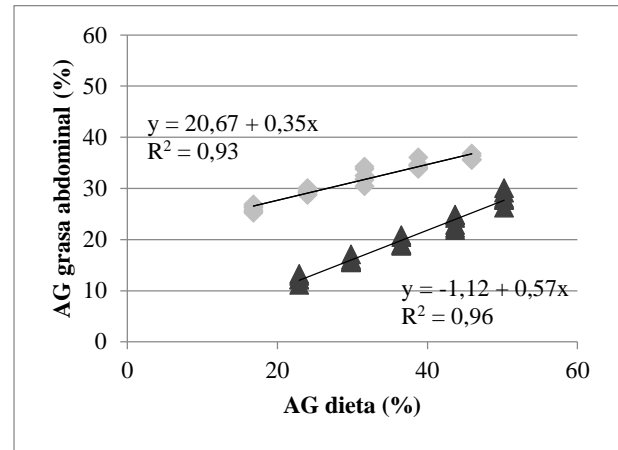


Figura 2: Relación entre el perfil en ácidos grasos del pienso y el de la grasa abdominal (▲ AGPI y ◆ AGS)

Este resultado puede deberse a las diferencias observadas en la eficiencia de depósito (relación entre el perfil de ácidos grasos absorbidos y depositados) de ambas fracciones (Figura 3). Mientras que una eficiencia igual a 1 quiere decir que no hay diferencia entre el perfil de los AG absorbidos y el de los AG depositados, una eficiencia superior a 1 es indicativa de un aumento de la preferencia de depósito, síntesis *de novo* o modificación de AG, y una eficiencia inferior a 1, quiere decir que hay menos de los absorbidos, es decir que han sido modificados o preferentemente utilizados para fines distintos al depósito, como puede ser la obtención de energía o la producción de calor.

Así, independientemente del grado de insaturación del pienso, la eficiencia de depósito de los AGPI absorbidos permaneció casi constante y por debajo de 1. Como los AGPI no pueden perder dobles enlaces, esto quiere decir que su baja eficiencia de depósito es debida a que son preferentemente utilizados para otros fines distintos al depósito. En este sentido, Sanz et al. (2000) observaron que los animales alimentados con dietas ricas en AGPI presentaron una mayor actividad de las enzimas claves relacionadas con la β -oxidación.

En cambio, la eficiencia de depósito de los AGS aumentó y la de los AGMI disminuyó a medida que aumentaba el grado de insaturación del pienso, tal y como también observaron Crespo y Esteve-García (2002a). Esto se debe a que, independientemente del grado de insaturación de la dieta, el organismo tiene la necesidad de mantener el grado de insaturación de sus depósitos dentro de un rango fisiológico (Villaverde et al., 2006). De esta manera, en dietas muy saturadas, los AGS se elongan y desaturan a AGMI, y en dietas muy poliinsaturadas, se prioriza el depósito de AGS frente al de AGMI.

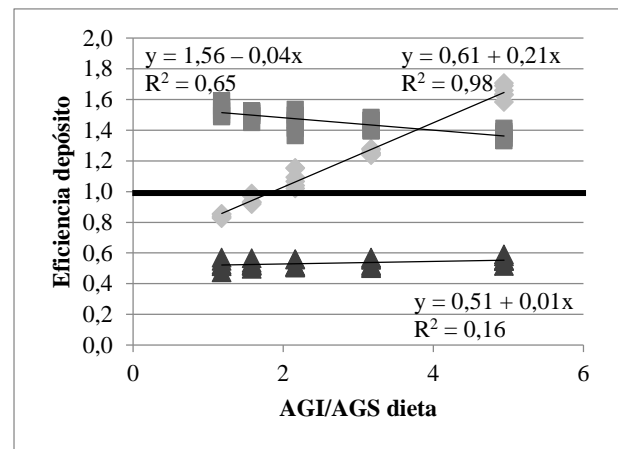


Figura 3: Relación entre el grado de insaturación de la dieta y la eficiencia de depósito de los AGS (◆), AGMI (■) y AGPI (▲)

El presente estudio ha sido financiado, en parte, por una beca de investigación de la *Generalitat de Catalunya* (FI-DGR) y por el proyecto AGL2010-22008-C02 concedido por la **Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología** de España.

Referencias bibliográficas utilizadas

- AOAC (2005) *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 18th Ed. AOAC, Arlington, VA.
- BLANCH, A., BARROETA, A.C., BAUCCELLS, M.D., SERRANO, X. and PUCHAL, F. (1996) Utilization of different fats and oils by adult chickens as a source of energy, lipid and fatty acids. *Animal Feed Science and Technology* **61**: 335-342.
- BRINK, E.J., HADDEMAN, E., DE FOUW, N.J. and WESTSTRATE, J.A. (1995) Positional distribution of stearic acid and oleic acid in a triacylglycerol and dietary calcium concentration determines the apparent absorption of these fatty acids in rats. *The Journal of Nutrition* **125**: 2379-2387.
- CRESPO, N. and ESTEVE-GARCIA, E. (2002a) Nutrient and fatty acid deposition in broilers fed different dietary fatty acid profiles. *Poultry Science* **81**: 1533-1542.
- CRESPO, N. and ESTEVE-GARCIA, E. (2002b) Dietary polyunsaturated fatty acids decrease fat deposition in separable fat depots but not in the remainder carcass. *Poultry Science* **81**: 512-518.
- FERRINI, G., BAUCCELLS, M.D., ESTEVE-GARCIA, E. and BARROETA, A.C. (2008) Dietary polyunsaturated fat reduces skin fat as well as abdominal fat in broiler chickens. *Poultry Science* **87**: 528-535.
- SIBBALD, I.R. and KRAMER, J.K.G. (1980) The effect of the basal diet on the utilization of fat as a source of true metabolizable energy, lipid, and fatty acids. *Poultry Science* **59**: 316-324.
- SANZ, M. (1999) Higher lipid accumulation in broilers fed on saturated fats than in those fed on unsaturated fats. *British Poultry Science* **40**: 95-101.
- SANZ, M., FLORES, A. and LOPEZ-BOTE, C.J. (2000) The metabolic use of energy from dietary fat in broilers is affected by fatty acid saturation. *British Poultry Science* **41**: 61-68.
- SUKHIJA, P.S. and PALMQUIST, D.L. (1988) Rapid method for determination of total fatty acid content and composition of feedstuffs and feces. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **36**: 1202-1206.
- VILARRASA, E., FRAGUA, V. and BARROETA, A.C. (2011) Efectos del uso de aceites ácidos esterificados con diferente contenido en monoglicéridos en la ración del pollo de carne. *XLVIII Symposium Científico de Avicultura*, Santiago de Compostela, España.
- VILARRASA, E., BAYÉS, L., CALVET, M.T. and BARROETA, A.C. (2012) Factores que intervienen en la digestión de distintos tipos de aceites ácidos esterificados de palma en la ración del pollo de carne. *XLIX Symposium Científico de Avicultura*, Bellaterra, España.
- VILLAVERDE, C., BAUCCELLS, M.D., CORTINAS, L., HERVERA, M. and BARROETA, A.C. (2005) Chemical composition and energy content of chickens in response to different levels of dietary polyunsaturated fatty acids. *Archives of Animal Nutrition* **59**: 281-292.
- VILLAVERDE, C., BAUCCELLS, M.D., CORTINAS, L. and BARROETA, A.C. (2006) Effects of dietary concentration and degree of polyunsaturation of dietary fat on endogenous synthesis and deposition of fatty acids in chickens. *British Poultry Science* **47**: 173-179.
- ZOLLITSCH, W., KNAUS, W., AICHINGER, F. and LETTNER, F. (1997) Effects of different dietary fat sources on performance and carcass characteristics of broilers. *Animal Feed Science and Technology* **66**: 63-73.