REVISIÓN 3ª EDICIÓN TABLAS FEDNA: I.- UTILIZACIÓN DE ACEITES RESULTANTES DE PROCESOS INDUSTRIALES EN PIENSOS PARA ANIMALES MONOGÁSTRICOS: OLEINAS, ACEITES RECONSTITUIDOS Y LECITINAS

G.G. Mateos, B. Saldaña, P. Guzmán, M. Frikha, M. Vahid y J.D. Berrocoso
Departamento de Producción Animal.
Universidad Politécnica de Madrid

FEDNA

1.- INTRODUCCIÓN

Grasas de origen animal y aceites son de uso común en alimentación animal para las diversas especies de animales monogástricos para aumentar la concentración energética de los piensos (Polin, 1980; Jones et al., 1992; Holland et al., 1998; Schothorst Feed Research, 2011; Marchesini et al., 2012). Otras consideraciones tales como el aporte de ácidos grasos esenciales (ácido linoleico, LNL), la mejora de la digestibilidad de otros componentes del pienso (Mateos y Sell, 1980) y la menor formación de polvo en fábrica y granja favorece su utilización en piensos comerciales. Cuatro materias primas grasas resultantes de procesos industriales de aceite vegetales con uso creciente en la industria de piensos compuestos a nivel mundial son: a) las oleínas vegetales ácidas (de uso frecuente en España, pero no así en otros países), b) los aceites reciclados, c) las grasas reconstituidas a partir de ácidos grasos libres de la industria del refinado de aceites, y d) las lecitinas provenientes en gran medida del proceso de producción de biodiesel a partir del aceite de soja. En este trabajo, definiremos de forma escueta cada uno de estos 4 tipos de grasas,

centrándonos en aquellas provenientes de la industria del aceite de soja, que son las de mayor disponibilidad a nivel internacional. En cada caso, mostraremos de forma resumida resultados obtenidos en nuestro laboratorio sobre la utilización de estas grasas en alimentación animal.

2.- OLEINAS VEGETALES Y ACEITES RECICLADOS

La mayor proporción de oleínas disponibles en el mercado nacional proceden del refinado de los aceites de soja y girasol con cantidades crecientes obtenidas en la industria del aceite de palma. Las oleínas vegetales se caracterizan por su insaturación, que depende de su contenido en LNL y en menor medida, en su nivel de ácido linolénico y oleico. Por su naturaleza, las oleínas están formadas por una mezcla de ácidos grasos libres procedentes del refinado de aceite crudo y cantidades variables del aceite crudo que no se pudo separar durante el proceso industrial (Fedna, 2010). A efectos prácticos, el valor nutricional de las oleínas va a depender fundamentalmente de las condiciones del proceso de refinado del aceite original y de la limpieza posterior del producto para limitar la acidez mineral y el contenido en agua. El principal problema de las oleínas de soja y girasol es la posible manipulación en su composición con mezcla de otras materias grasas de menor calidad nutricional y no siempre fácil de detectar en el laboratorio. A este particular, es frecuente encontrarse con oleínas comerciales procedentes del refinado del aceite de soja y del girasol tradicional con un contenido en LNL inferior al 45-50%. Estas oleínas, siguen teniendo un alto valor nutricional pero inferior al de las oleínas puras.

La industria de de la alimentación humana genera altos niveles de grasas de posible reciclaje. En nuestro país, no todas las grasas de "freiduría" están permitidas en alimentación animal, con numerosas limitaciones relacionadas con la posible presencia de residuos de origen animal. En cualquier caso, el valor nutricional de estos aceites es alto, dependiendo del grado de abuso al que han sido sometidos. Un análisis del contenido en material no eluible y niveles reducidos de LNL en relación con el aceite original pueden ser indicativos de grasas reutilizadas en exceso y de menor valor nutricional, debido a la formación de polímeros y otros compuestos de difícil digestión.

En un ensayo reciente realizado en nuestro Departamento (Pérez-Bonilla et al., 2011) comparamos el valor nutricional en ponedoras de 3 tipos de grasas: aceite crudo de soja, oleínas vegetales mezcla, y manteca. La composición de las grasas experimentales se detalla en el cuadro 1. A notar, que la oleína vegetal mezcla se compró como "oleína de soja" pero su perfil en ácidos grasos indica de forma clara que éste no era el caso (22,7% vs. 50-54% LNL). Los datos de laboratorio, incluyendo el contenido en energía bruta,

indican que la calidad de las 3 grasas utilizadas era aceptable. Se formularon un total de 9 piensos experimentales basados en 3 cereales (maíz, trigo y cebada, todos con enzimas del tipo hidrocarbonasas) y 3 fuentes de grasa añadidas al 4,3% en todos los casos. Por tanto, todas las dietas tuvieron un valor nutricional similar, con un ligero mayor contenido en EMAn para los piensos basados en aceite de soja. Además, el contenido en LNL de los piensos varió entre el 0,8% para el pienso basado en manteca y trigo, al 3,4% para el pienso basado en aceite de soja y maíz. La prueba utilizó un total de 756 gallinas rubias en grupos de 21 aves durante 32 semanas (22 a 54 semanas de vida). Los resultados globales por tipo de grasa se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 1.- Composición de las grasas experimentales[1] (Pérez-Bonilla et al., 2011).

	Aceite soja	Oleínas vegetales	Manteca
EB, kcal/kg	9.350	9.110	9.410
EM, kcal/kg[2]	9.000	8.450	8.550
Ácido linoleico, %	57,1	22,7	8,2
Humedad, %	0,02	2,2	0,4
Material no eluible, %	0,8	11,1	1,5
Índice peróxidos, meq O_2/kg	2,1	1,0	3,0

[1]Media de 2 muestras; [2]Calculado (Fedna, 2010)

Cuadro 2.- Influencia del tipo de grasa añadida al pienso (43%) sobre la productividad de aves rubias de 22 a 54 semanas de vida[1] (Pérez-Bonilla et al., 2011).

	Aceite soja	Oleína vegetal	Manteca	*P*
Índice de puesta, %	91,7	92,6	92,2	NS
Masa de huevo, g	58,9	59,7	58,5	NS
Tamaño huevo, g	64,3	64,5	63,5	NS
Índice de conversión, g/g	1,96	1,94	1,99	NS
Aumento de peso, g	221[b]	210[b]	251[a]	*

[1]Datos medios de 3 cereales por cada tipo de aceite de soja. Nivel de grasa añadida = 4,3%

En otro estudio reciente (Irandoust et al., 2012), estudiamos el efecto de la inclusión al 3,5% de tres tipos de derivados del aceite de soja sobre el contenido en EMAn de las grasas así como su efecto sobre la productividad en ponedoras de 44 a 56 semanas de vida. Los tres aceites evaluados fueron aceite de soja, aceite de soja reciclado procedente de la

FEDNA

industria de la bollería, y oleínas ácidas de soja. La composición de estos tres aceites utilizados se muestra en el cuadro 3. Los datos analíticos, incluyendo el nivel de LNL y de peróxidos muestran que las oleínas fueron procesadas correctamente y que el aceite de soja reciclado no estaba abusado. El valor en EMAn de los 3 aceites obtenidos a partir de la energía bruta (EB) y el coeficiente de digestibilidad fue de 8.920, 8.875 y 7.851 kcal/kg, para el aceite de soja, el aceite de soja reciclado y la oleína de soja, respectivamente. Cuando el valor de EMAn se estimó por diferencias con respecto a una dieta control sin grasa añadida, los valores fueron de 9.130, 8.950 y 7.965 kcal/kg, respectivamente. En un segundo experimento de esta prueba la única diferencia en productividad observada entre tratamientos fue para el consumo de pienso y la masa de huevo producida que tendieron a ser menores con el pienso que incluía la oleína de soja (cuadro 4).

Cuadro 3.- Composición química de los aceites experimentales (Irandoust et al., 2012).

	Aceite soja	Aceite reciclado	Oleínas soja
EB, kcal/kg	9.370	9.390	9.140
HII[1], %	0,6	1,4	4,0
Ácidos grasos libres, %	0,2	0,4	67,4
Índice de peróxidos, meq O_2/kg	2,4	5,1	2,9
Ácido linoléico, %	55,2	51,7	48,7

[1]Humedad + impurezas + insaponificables

Cuadro 4.- Efecto del tipo de grasa sobre la productividad de gallinas ponedoras blancas de 44 a 56 semanas de vida (Irandoust et al., 2012).

	Aceite soja	Aceite reciclado	Oleína soja	*P*
Consumo pienso, g/d	100,0	98,5	98,2	+
Índice de puesta, %	85,9	86,4	85,0	NS
Peso de huevo, g	60,4	60,1	60,2	NS
Masa de huevo, g	51,9	51,9	51,1	+
Índice de conversión, g/g	1,93	1,90	1,93	NS
Ganancia de peso, g	185	163	196	NS

Los resultados obtenidos de estas pruebas, así como otros anteriores de nuestro grupo y otros investigadores indican de forma clara que los co-productos de la industria del refinado de aceites vegetales bien procesados pueden ser utilizados de forma provechosa por la industria de piensos compuestos. Los datos parecen indicar que el valor energético

de estos co-productos es alto y más cercano al del aceite de soja recomendado por la mayoría de los nutricionistas Europeos. Por último, parece claro que las aves no necesitan niveles excesivos de LNL (≤ 1,5%) siempre que se añada al menos un 3% de grasa vegetal al pienso.

3.- ACEITES RECONSTITUIDOS

La información existente sobre el valor nutricional y la posibilidad de incluir ácidos grasos esterificados en piensos comerciales es limitada pero de gran interés técnico (Vilarrasa, 2011; Vilarrasa et al., 2011; Frikha et al., 2011). El proceso consiste en realizar el proceso inverso al de formación de oleínas, con la reacción química en condiciones apropiadas de los ácidos grasos libres procedentes de la refinación de los diversos con el glicerol en condiciones industriales. El proceso da lugar a ingredientes lipídicos con nuevas características que pueden facilitar su utilización por los animales. Entre los cambios a estudiar en este tipo de aceites destacan la presencia de monoglicéridos y la posición diferenciada de los ácidos grasos en la molécula del nuevo triglicérido (Vilarrasa et al., 2011).

En un reciente estudio realizado en nuestro departamento (Frikha et al., 2011) comparamos la digestibilidad aparente a nivel del tracto intestinal y el valor en EMAn de la manteca, el aceite de soja y aceites esterificados mediante 2 procesos diferentes en pollos de 21 d de edad. El diseño factorial fue 1+2x3 con una dieta control basada en maíz y harina de soja sin grasa añadida, y 6 piensos adicionales formando un factorial con 3 fuentes de grasa [(aceite de soja (AS), monoglicérido reconstituido (MGR) y triglicérido reconstituido (TGR)] y 2 niveles de inclusión (3 y 6 %). Las grasas se añadieron a los piensos a expensas de la ración basal (g:g). El contenido en EB (Mcal/kg) y en LNL (%) de los aceites experimentales fue de 9.47, 9.08 y 9.21 y 56, 45 y 42 para AS, MGR y TGR, respectivamente. El contenido en EMAn de los aceites se obtuvo multiplicando su contenido en EB por el coeficiente de digestibilidad (retención) de las grasas. La digestibilidad del extracto etéreo de la dieta basal (77,6%) fue inferior a la del extracto etéreo del resto de piensos. De hecho, la digestibilidad del EE para las dietas con 6% de grasa fue del 90,7% para el TGR y del 89,9 para el MGR. El contenido en EMAn fue superior para el AS que para el TGR y para ambos superior que para el MGR ($P < 0,05$), probablemente debido a su menor contenido en EB. Rseultados similares de un segundo ensayo se muestran en el cuadro 5. Este ensayo indica de forma clara que las grasas reconstituidas pueden utilizarse en sustitución del aceite de soja en piensos para broilers de forma ventajosa.

Cuadro 5.- Digestibilidad de los aceites reconstituidos en pollos de 21 d de edad (Frikha et al., 2012; datos no publicados).

Dieta	CD grasa dieta	CD grasa añadida	EMAn, kcal/kg EB x CD
Basal[1]	75,1[b]	-	-
Aceite soja	84,2[a]	95,5	9.050[a]
Monoglicérido[2]	84,6[a]	93,7	8.520[b]
Triglicérido[2]	83,9[a]	93,7	8.630[ab]
P	**	NS	*

[1]Sin grasa añadida; [2] Monoacilglicéridos y triacilglicéridos

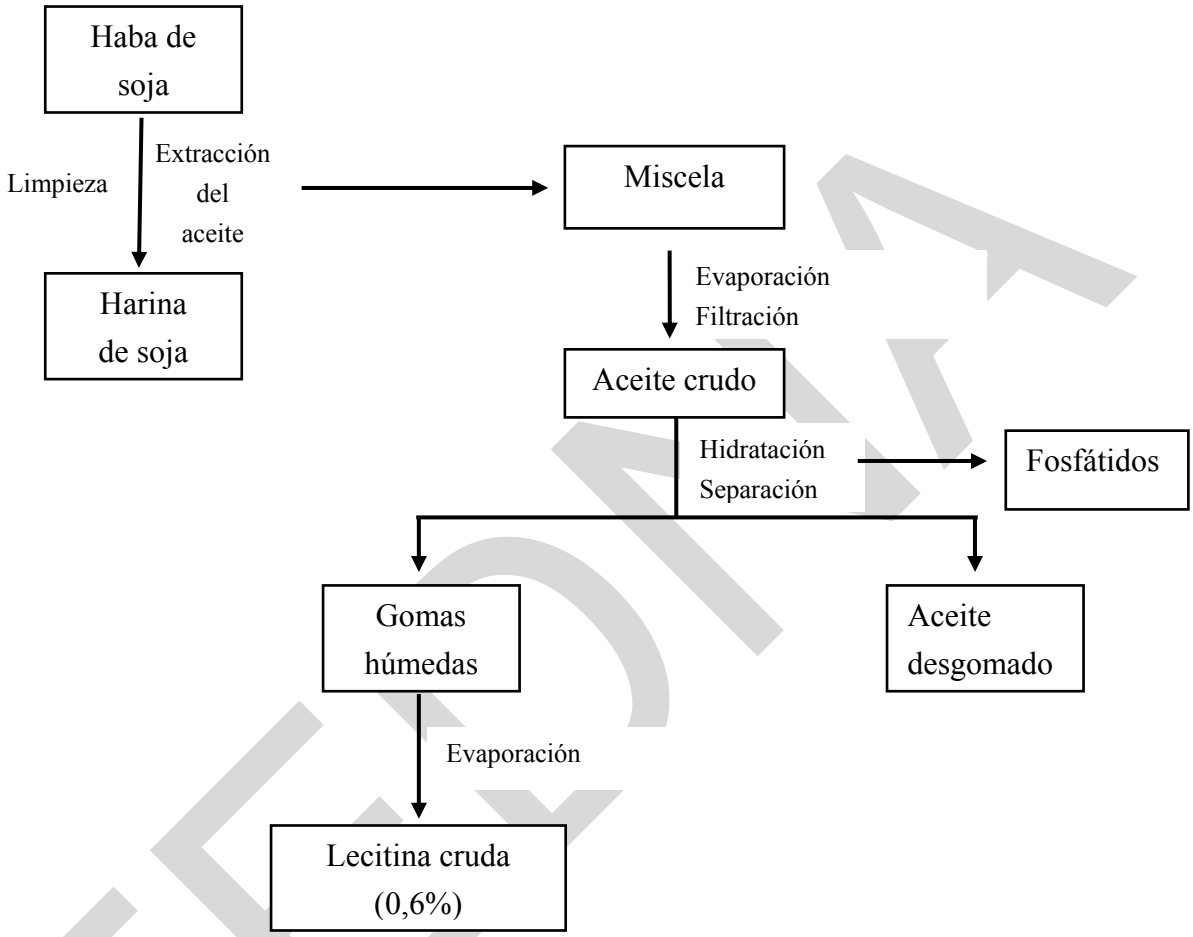
Resultados similares han sido publicados por Vilarrasa et al. (2011) en broilers de 1 a 40 d de vida. En este ensayo se compararon aceites reconstituidos (ácidos grasos esterificados) con diferente nivel de saturación y diferente porcentaje de monoacilglicéridos en pollos de carne. Hubo 8 tratamientos que formaban un factorial 2x4 con 2 tipos de aceite añadidos al 6% con diferente grado de saturación (soja vs. palma) y 4 tipos de presentación del aceite: pienso base con aceite crudo natural, aceites ácidos esterificados con bajo o alto contenido en monoacilglicéridos, y oleínas ácidas. De 1 a 14 d de edad los IC, las ganancias de peso y los coeficientes de digestibilidad fueron superiores con los aceites de soja que con los aceites de palma ($P = 0,01$), mientras que el grado de engrasamiento fue superior con estos últimos ($P < 0,01$). De 1 a 40 d de edad no hubo diferencias entre los dos tipos de aceite para el peso vivo pero el IC fue mejor para los aceites de soja ($P < 0,01$). Los aceites ácidos esterificados de palma y soja dieron lugar a valores de EMA similares a los obtenidos con la palma y el aceite de soja natural, y no se observaron diferencias productivas entre estos grupos. De hecho, los mayores pesos numéricos a los 40 d se observaron con el tratamiento que incluía aceite ácido de soja esterificado, alto en monoacilglicéridos. Los autores concluyen que los aceites reconstituidos son una alternativa real al uso de los aceites naturales correspondientes.

4.- LECITINAS

Las lecitinas comerciales disponibles proceden fundamentalmente de la industria de producción del biodiesel para automoción (Figura 1). El proceso consiste en separar del aceite de soja (u otros aceites vegetales) la mayor parte posible de las gomas del producto

crudo. Estas gomas están formadas no sólo por los fosfolípidos, sino que debido a cierta ineficacia del proceso incluyen también proporciones variables de aceite residual.

Figura 1.- Proceso de obtención de las lecitinas vegetales (Solve Company, 2010).



Existe una cierta confusión en la definición del término lecitina (Parnham, 1996). Las lecitinas comerciales son mezclas de fosfolípidos, hidratos de carbono, glicolípidos, triglicéridos, ácidos grasos libres y esteroles en diferentes proporciones (Zieslitz, 1994). En general se tiende a confundir las lecitinas comerciales con la "lecitina pura" e incluso con la fracción "fosfatidilcolina" que sólo son componentes de las lecitinas comerciales (Schafer, 1989). La fracción fosfolipídica de las lecitinas facilita la formación de micelas a nivel digestivo y el transporte de los ácidos grasos e intervienen en la formación de las membranas celulares. Además, son factores lipotrópicos con un papel fundamental en el mantenimiento de la función hepática, favoreciendo la resolución de problemas de hígado graso causados por acumulación de grasas neutras. Por tanto, posiblemente tengan un papel más relevante en avicultura que en mamíferos.

Puntos importantes a tener en cuenta en la evaluación de una lecitina comercial son los siguientes:

1.- Las lecitinas comerciales disponibles en el mercado son una mezcla del 60-65% de gomas (fosfolípidos) y 35-40% de aceite residual (Solae Company, 2000). No debemos confundirla con lecitinas puras ambos términos ya que ambos productos tienen una composición es totalmente diferente (Scholdfield, 1981; Russet, 2004). A este particular, en las Tablas Fedna (2010) se dan valores de composición de la "lecitina pura" (100% fosfolípidos) mientras que en este trabajo nos referimos siempre a la "lecitina comercial estandarizada" a un 60% de fosfolípidos y un 40% de aceite de soja. Por tanto, el producto comercial va a tener mayor contenido en EB, EMAn y LNL y menor en fósforo (P) y colina, que la lecitina pura (Schothorst Feed Research, 2011).

2.- Los fosfolípidos son moléculas polares formadas por una molécula de glicerol con las posiciones 1 y 2 esterificadas con ácidos grasos y en el que la posición 3 contiene un grupo fosfato esterificado a un alcohol. Los alcoholes más comunes que se encuentran en esta posición 3 son la colina, la etanolamina, el inositol, el glicerol, y la serina. Debido a esta estructura, las moléculas de fosfolípidos contienen un grupo hidrofóbico (no polar; formado por los dos ácidos grasos de cadena larga) con afinidad por los lípidos, y un grupo hidrofílico (polar; formado por las moléculas de glicerol, fosfato y bases nitrogenadas) con afinidad por el agua. Como consecuencia, las lecitinas, que son ricas en fosfolípidos, tienen una alta capacidad emulsionante lo que favorece la formación de micelas y la digestión de grasas y aceites en el intestino delgado. Mu (2007) estimó que la inclusión de solo un 5% de fosfolípidos en la grasa dietética, mejoraba el coeficiente de digestibilidad del extracto etéreo en un 2 a 5% en lechones y en un 1,5 a 4,5% en pollos, en función del grado de saturación de estas grasas. Resultados similares han sido publicados por Polin (1980). Sin embargo, otros autores no han encontrado efecto sinérgico alguno en diferentes ensayos realizados con pollos y cerdos a edades diferentes (Overland et al. 1994; Azman y Ciftci, 2004; Schothorst Feed Reseach, 2011). En general, se estima que los efectos beneficiosos de la inclusión de lecitinas en el pienso sobre la digestibilidad del resto de lípidos serán mayores y más consistentes cuanto más joven sea el animal y mayor sea la saturación de la grasa del pienso.

3.- La composición de las lecitinas comerciales, incluida la fracción fosfolipídica, depende del aceite del que proceden (girasol vs. colza vs. soja vs. palma) así como del proceso de producción (Parnham, 1996). En el caso de las lecitinas de soja, el producto comercial contiene como principales fosfolípidos: fosfatidil colina (15%), fosfatidil etanolamina (10%), fosfatidilinositol (10%), ácido fosfatídico (3%), lisofosfatidil colina (1%) y lisofosfatidil etanolamina (1%), como principales fosfolípidos. Por tanto, es un

producto muy rico en P total (1,8 a 2,0%), colina (2,0 a 2,1%) e inositol (2,0 a 2,2%) (Schothorst Feed Reseach, 2011; Solae Company, 2010).

4.- Las lecitinas incluyen en su composición una mezcla de productos de alta digestibilidad y con importantes y propiedades como surfactante activo (Solae Company, 2000; Ziegelitz, 1994). Algunos procesos químicos pueden modificar de forma importante estas propiedades pudiendo actuar como sustancias tensioactivas y emulgentes. Por otro lado, el contenido energético de las lecitinas es extremadamente alto. Diversos trabajos (Polin, 1980; Ziegelitz, 1994; Mu, 2007) han mostrado que debido al alto contenido en ácido linoleico (47%) y fosfolípidos (40%) la digestibilidad del extracto etéreo de la lecitina comercial es similar a la del aceite del cual procede y en torno al 92-95% (Schothorst Feed Research, 2011). Por tanto, dado que el contenido en EB de la lecitina comercial es de 7.860 kcal/kg (datos obtenidos en el laboratorio de Producción Animal de la UPM) y el valor equivalente de una lecitina pura (Fedna, 2010) está en torno a 6.800 kcal ED/kg, su valor energético estimado en avicultura está en torno a 7.425-7.450 kcal EMAn/kg, aproximadamente un 82-85% de la energía del aceite de soja. Este valor podría estimarse superior si se tuviera en cuenta el posible efecto beneficioso de los fosfolípidos presentes en la lecitina sobre la utilización del resto de ácidos grasos de la ración (Polin, 1980; Schafer, 1989; Ziegelitz, 1994; Huang et al., 2007; Mu, 2007). Datos del Schothorst Feed Research (2011) estiman que el contenido en EMAn de una lecitina comercial con un 62% de fosfolípidos y un 38% de aceite de soja es de 7.850 kcal EMAn/kg en broilers, 8.475 kcal EMAn/kg en ponedoras y 6.895 kcal ENAn/kg en porcino. Los datos utilizados en esta publicación para evaluar el contenido en EMAn de las lecitinas comerciales se detallan en el cuadro 6.

5.- Además, y como se ha indicado anteriormente, la presencia de fosfolípidos podría mejorar el valor práctico de las lecitinas en piensos comerciales, un efecto que podría ser más importante en terneros de leche que en rumiantes adultos (Ziegelitz, 1994) y en animales jóvenes (Overland et al. 1993a). Estas diferencias podrían explicarse en base a la menor producción de ácidos grasos biliares que emulsionan la grasa dietética en animales jóvenes. En el caso de los lactoreemplazantes, el poder emulsionante de las lecitinas permite reducir el tamaño de los glóbulos de grasa y como consecuencia mejorar la digestibilidad de la fracción grasa. A este particular, Hopkins et al. (1959) mostraron una clara mejoría en la digestibilidad de la fracción grasa del lactoreemplazante al añadir un 2% de lecitinas. En este trabajo, la digestibilidad del sebo y de la manteca aumentó del 59,2 y 51,5% hasta el 72,1 y 79,4% con la inclusión de lecitinas. También, se ha demostrado en aves (Mateos y Sell, 1980, 1981) y porcino (Overland et al. 1994) que la adición de grasas al pienso mejora la retención de la fracción proteica y de la energía. Este último efecto se

debe más bien al efecto positivo del aceite "per se", que a la fracción fosfolipídica (Mateos y Sell, 1981; Overland et al., 1994).

Cuadro 6.- Estimación del valor nutricional de las lecitinas comerciales (Schothorst Feed Research, 2011).

	Aceite soja	Fosfolípidos soja	Lecitina comercial[1]
P total, %	-	3,94	2,44
P digestible, %	-	3,55	2,20
Colina efectiva[2], g/kg	-	39,4	24,4
Ácido linoléico, %	51,0	38,3	43,1
EMAn broilers[3]	9.230	7.000	7.850
EMAn ponedoras[3]	9.970	7.560	8.475
EN porcino[3]	8.115	6.150	6.895

[1]Asume un contenido en aceite de soja del 38% (vs. 40% en este trabajo); [2] Equivalente en cloruro colina de 52.800 ppm para los fosfolípidos y 32.735 ppm para la lecitina comercial, respectivamente; [3] En kcal/kg.

6.- Las lecitinas son particularmente ricas en principios inmediatos claves, tales como LNL, P, colina y vitamina E (Schafer, 1989). La inclusión de un 2,5% de lecitina comercial en el pienso proporciona 0,05% de P digestible a la ración, lo que reduce la necesidad de añadir fuentes minerales. Schothorst Feed Research (2011) estima una digestibilidad alta de este P y por encima del 90%. Este valor es razonable ya que debido a su estructura la digestibilidad del P de las lecitinas debiera ser similar a la del triglicérido del que procede. Una ventaja similar ocurre con la colina (2% en lecitina comercial). Emmert et al. (1996) determinaron que la biodisponibilidad de la colina de las lecitinas de soja en pollitos era cercana al 100%. Las lecitinas destacan por su alto contenido en inositol, que junto con su contenido en colina podría modular y ser beneficioso como protector del tejido hepático y movilizador de los lípidos orgánicos en aves (Wolford and Polin, 1975; Ziegelitz, 1994; Huang et al. 2008). Una deficiencia en factores lipotrópicos puede resultar en acumulación de las grasas neutras en el hígado, causando una degeneración grasa del mismo. A este particular, el fosfatidil inositol puede ser de particular interés (Ziegelitz, 1994) ya que su disponibilidad y valor biológico son altos. Finalmente, el contenido en vitamina E de las lecitinas está en torno a 95 UI/kg en base a análisis de laboratorio realizados recientemente por nuestro laboratorio. Las lecitinas tienen un marcado efecto antioxidante en piensos, además de mejorar la retención de agua en el mismo (Schafer, 1989). De aquí su importancia como mejorante de la estabilidad de los piensos, especialmente en condiciones adversas de humedad y temperatura. Datos sobre la

FEDNA

composición química de las lecitinas comerciales de soja disponibles en nuestro país y del valor nutricional estimado de las mismas se detallan en los cuadros 7 y 8. A destacar que en la evaluación del contenido energético no se ha tenido en cuenta el posible efecto beneficioso de los fosfolípidos y de la adición de grasa, en general, sobre la digestibilidad y aprovechamiento de otros nutrientes.

Cuadro 7.- Composición de lecitinas comerciales para uso en la fabricación de piensos compuestos.

a.- Especificaciones nutricionales medias. Principios inmediatos (%)			
Humedad	1,0		
Hidratos de carbono[1]	5,0		
Fibra neutro detergente	< 0,1		
Proteína bruta	< 0,1		
Cenizas	4,5		
Extracto etéreo	> 90		
b.- Minerales y vitaminas	%		mg/kg
Fósforo total	1,86	Hierro	115
Fósforo digestible	1,75	Cobre	3
Calcio total	0,17	Zinc	22
Magnesio	0,12	Manganeso	6
Sodio	0,06	Vitamina E	95
Potasio	0,90	Colina	2,0
		Inositol	2,1
c.- Valores energéticos estimados			
EMAn aves, kcal/kg	7.620		
EM porcino, kcal/kg	7.410		
ED porcino, kcal/kg	7.410		
EN porcino, kcal/kg	6.760		
UF leche	2,55		
UF carne	2,45		

[1]Sacarosa: 2,2%; Estaquiosa: 2,0%; Rafinosa: 0,5%;

FEDNA

Cuadro 8.- Contenido en ácidos grasos y en fosfolípidos de la lecitina comercial.

Ácidos grasos, %	
Palmítico (C16:0)	17,0
Esteárico (C18:0)	4,0
Oleico (C18:1)	16,0
Linoleico (C18:2)	47,0
Linolénico (C18:3)	6,0
Fosfolípidos, %	
Fosfatidilcolina	15,0
Fosfatidiletanolamina	10,0
Fosfatidilinositol	10,0
Ácido fosfatídico	3,0
Lisofosfatidilcolina	1,0
Lisofosfatidiletanolamina	1,0

7.- Debido a su composición, estructura y naturaleza viscosa, las lecitinas son difíciles de manejar en invierno si no se utilizan instalaciones adecuadas. La viscosidad depende de la temperatura ambiental: a menor temperatura, mayor viscosidad. Por ejemplo, una lecitina con una viscosidad de 100 poises (P) a 24ºC tendrá una viscosidad de 50 P a 35ºC, 30 P a 46ºC y 22,5 P a 57ºC. Una circunstancia a considerar es que la viscosidad de las lecitinas no es constante entre partidas de diversas procedencias, siendo posible encontrar valores entre 80 y 120 P en condiciones ambientales normales. Es más, lecitinas producidas siguiendo procesos diferentes pueden mostrar un rango de viscosidad entre 60 y 160 P. En cualquier caso, y debido a problemas de deterioro de la calidad, no es recomendable someter al producto a temperaturas superiores a los 60ºC. Una posible solución a esta problemática de viscosidad en fábricas sin posibilidad de calentar el tanque o los conductos de aplicación de la grasa, es la mezcla con aceites u oleínas vegetales del producto original. Se estima (Russet, 2004) que la inclusión del 20% de aceite de soja en la lecitina reduce la viscosidad en una proporción equivalente a la de aumentar la temperatura en 11ºC (de 100 a 50 P). Sin embargo, las instalaciones (tipo de bombas, impulsores, diámetros de cañerías y temperaturas aplicadas) en la mayoría de las empresas españolas hacen que la importancia de esta problemática sea reducida. A destacar, que la viscosidad de una lecitina "per se" no guarda relación alguna con su calidad, aunque sí puede afectar su valor nutricional (porcentaje de fosfolípidos). Las muestras de lecitinas analizadas en

nuestro laboratorio han dado valores de viscosidad inferiores a 150 P a 25ºC y a 50 P a 40ºC (cuadro 9).

Cuadro 9.- Control de calidad y especificaciones físico-químicas de las lecitinas comerciales

Especificaciones físico-químicas	
Humedad, %	< 1
Insolubles en acetona, %	> 60
Insolubles en hexano, %	< 0,3
Índice de acidez, mg KOH/g	< 30
Índice de peróxidos, $mEqO_2/kg$	< 1
Viscosidad, P	
A 25 ºC	< 150
A 40 ºC	< 50
Densidad	1,03
pH	≈ 7,00

8.- La uniformidad en parámetros químicos de las lecitinas comerciales de un mismo origen y procedencia (por ejemplo, lecitinas de soja procedentes de la industria del biodiesel) es bastante alta. Controles a considerar incluyen los siguientes controles:

a.- El contenido en humedad no debe ser superior al 1%, por problemas graves de deterioro con humedades superiores a ≥ 1,5%. Niveles inferiores al 0,5% son difíciles de conseguir debido a la naturaleza higroscópica de esta materia prima.

b.- Las lecitinas no se deben calentar a temperaturas superiores a 60ºC por sus efectos sobre el color y el deterioro del producto.

c.- Se precisa controlar el porcentaje de impurezas determinando los insolubles en hexano (básicamente material no lipídico tipo tierra, suciedad y trozos de semilla o cáscara de soja). Un exceso de insolubles puede tupir las boquillas de inyección y puede ser el punto de partida para procesos de oxidación y deterioro.

d.- El valor energético de las lecitinas comerciales depende primordialmente de las proporciones relativas de aceite de soja y fosfolípidos. El aceite es soluble en acetona, pero los fosfolípidos no lo son. Por tanto, el contenido en fosfolípidos puede medirse con cierta precisión analizando los insolubles en acetona. Las lecitinas comerciales disponibles contienen en torno al 60-62% de insolubles en acetona.

FEDNA

e.- El índice de acidez mide la acidez titulable de la lecitina en mg KOH/g muestra. El método correcto para examinar el contenido en ácidos grasos libres debería titular exclusivamente aquella parte de las lecitinas solubles en acetona, y no de todo el producto comercial, a fin de evitar el efecto amortiguador de los fosfolípidos sobre el valor físico (Braverman, 1998). Por tanto, el índice de acidez tiene escaso valor en el control de calidad de partidas de lecitinas para uso en piensos. El valor en muestras comerciales es alto y cercano a 30. Sin embargo, estos altos valores no son indicativos de mala calidad de la lecitinas, tal y como ocurriría en el caso de grasa y aceites triglicéridos.

f.- El índice de peróxidos (meq. O_2/kg) mide la cantidad de peróxidos residuales que permanecen tras el proceso de blanqueo de las lecitinas. Por tanto, su valor en control de calidad es cuestionable. En partidas a utilizar en alimentación animal un nivel alto de peróxidos puede ser indicativo de proceso de deterioro (Braverman, 1998) por lo que conviene su control en muestras comerciales (cuadro 9).

g.- El color de las lecitinas varía en función del proceso utilizado por lo que, en general, no es un criterio a considerar para evaluar la calidad de una partida dada y que este depende del nivel de pigmentación residual. En general, la eliminación de parte de los fosfolípidos presentes en las gomas da lugar a lecitinas de color más claro (Schothorst Feed Research, 2011). El color se mide en la escala de Gardner con valores de 9 indicativos de colores tipo de miel y de 17 para las lecitinas de color marrón oscuro. El blanqueo de las lecitinas es físicamente posible y no afecta a su valor nutricional si se realiza convenientemente. En cualquier caso, un color oscuro cercano al negro podría indicar exceso de calor, lo que daría lugar a olores y sabores anómalos y a la descomposición de ácidos grasos. Es importante tener en cuenta que el color no puede valorarse en tubos de ensayo sino a la llegada de la cuba a fábrica (Russet, 2004).

En el cuadro 9 se ofrecen los parámetros de calidad específicos a considerar en muestras de lecitinas comerciales a utilizar en piensos compuestos. Como cabe esperar, el contenido en metales pesados, dioxinas y otros contaminantes deben estar conforme a la ley, al igual que las especificaciones microbiológicas.

5.- OTRAS PROPIEDADES DE LAS DE LAS LECITINAS COMERCIALES DE SOJA

Las lecitinas tienen mayor poder de lubricación que los aceites o grasas normalmente utilizados en alimentación animal (Russet, 2004). De aquí que se recomiende su utilización al 0,5% para mejorar el rendimiento de la granuladora. En cualquier caso, un

FEDNA

exceso de lecitinas, al igual que un exceso de aceite o grasa añadida, perjudica la calidad del gránulo. Se estima que la inclusión de hasta un 3-4% de lecitinas no debiera tener, en condiciones normales, efecto negativo alguno sobre este parámetro.

No existe ningún trabajo publicado sobre los efectos de la inclusión de lecitinas en piensos para aves sobre la histomorfología de la mucosa de las diversos órganos del tracto gastrointestinal. Sin embargo, en lechones recién destetados, Mitchaothani et al. (2010) observaron que la inclusión de 2% de lecitina en el pienso mejoraba la relación entre altura de las vellosidades y la profundidad de las criptas, indicativo de un mayor potencial para digerir y absorber de los nutrientes.

Diversas fracciones de las lecitinas (por ejemplo, la fofatidilserina) poseen efectos fármacos directos sobre el sistema nervioso central, facilitando el transporte de diversas drogas e influyendo sobre la inmunidad, lo que pudiera tener efectos beneficiosos en producción ganadera comercial (Parhham, 1996).

6.- RESUMEN

El presente trabajo muestra la posibilidad de utilizar con resultados satisfactorios fuentes de energía de naturaleza lipídica inusuales a nivel internacional, en piensos para monogástricos. Oleínas de soja, aceites reciclados, triglicéridos reconstituidos y lecitinas procedentes de la industria del biodiesel presentan características y valores nutricionales óptimos para la alimentación animal. Dentro de estas fuentes lipídicas, las lecitinas comerciales están adquiriendo gran importancia debido no solo a su alto contenido en energía sino a también a su nivel en fósforo digestible, colina y otros nutrientes. Cabe destacar en este estudio la buena utilización de todas estas fuentes lipídicas en piensos para ponedoras. Los datos presentados parecen indicar que la eficacia digestiva y metabólica (energía neta por Kcal de EB) de la mayoría de estos productos es próxima a la del aceite convencional y en todo caso superior a la de los cereales y fuentes proteicas.

7.- REFERENCIAS

AZMAN, M.A Y CIFTCI, M. (2004) *Revue Medecine Veterinaire* 155, 445-448

BRAVERMAN, V. (1998) *Soya Noticias, American Soybean Association. Fact-Sheet* 253. Mexico D, Mexico.

EMMERT, J.L., GARROW, T.A. y BAKER, D.A. (1996) *J. Anim. Sci.* 74, 2738-2744.

FRIKHA, M., ALCAÑIZ, J., MALLO, J.J., SERRANO, M.P. y MATEOS, G.G. (2011) *Poult. Sci.* 90 (E-suplemento):162 (Abstract).

FEDNA (2010) *Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Tablas de composición y valor nutritivos de alimentos para la fabricación de piensos compuestos*. 3ª Edición. C. de Blas, G.G. Mateos y P. García-Rebollar. También disponible on line: http://www.fundacionfedna.org/

GROBAS, S., MENDEZ, J., DE BLAS, C. y MATEOS, G.G. (1999) *Poult. Sci*. 78, 1542-1551.

HUANG, J., YANG, D., Y WANG, T. (2007) *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 20, 1880-1886.

HUANG, J., YANG, D., GAO, S y WANG, T. (2008) *Liv.Sci.* 118, 53-60.

HOLLAND, J.L., KRONFELD, D.S., RICH, G.A., KLINE, K.A., FONLENOT, J.P., MEACHAN, T.N. y HARRIS, P.A. (1998) *Appl. Anim. Behavi. Sci.* 56, 91-96.

HOPKINS, D.T., WARNER, R.G. y LOOSLI, J.K. (1959) *J. Dairy Sci*. 42, 1815-1820.

IRANDOUST, H., SAMIE A. H., RAHMANI, H.R., EDRISS, M.A., Y MATEOS G.G. (2012) *Anim. Feed Sci. Technol*. 177, 75-85.

JONES, D.B., HANCKOCK, J.D., HARMON, D.L. y WALKER, C.E. (1992) *J. Anim. Sci.* 70, 3473-3482.

MARCHESINI, G., SEGATO,S., STEFANI, A.L., TENTI, S., DORIGO,M., GERARDI,G., BERNARDINI, D., ANDRIGHETTO, I. (2012) *Italian J. Anim. Sci.* 11, 203-207.

MATEOS, G.G. y SELL, J.L. (1980) *J. Nutr.* 110, 1894-1903.

MATEOS, G.G. y SELL, J.L. (1981). *Poult. Sci*. 60, 1925-1930.

MITCHAOTHAI, J., YUANGKLANG, C., VASUPEN, K., WONGSUTHAVAS, S. y BEYNEN, A.C. (2010). *Liv. Sci*. 134, 106-108.

MU, Y. (2004). *Feed Int.* 28 (10), 18-23.

OVERLAND, M., TOKACH, M.D., CORNELIUS, S.G., PETTIGREW, J.E. y NELSON, M.E. (1993a). *J. Anim. Sci.* 71, 1194-1197.

OVERLAND, M., TOKACH, M.D., CORNELIUS, S.G., PETTIGREW, J.E. y RUST, J.W. (1993b). *J. Anim. Sci*. 71, 1187-1193.

OVERLAND, M., MROZ, Y. y SUNDSTOL, F. (1994) *J. Anim. Sci.* 72, 2022-2028.

PARNHAM, M. (1996) *Inform* 7, 1158-1175.

PÉREZ-BONILLA, A., FRIKHA, M., MIRZAIE, S., GARCÍA, J., MATEOS, GG. (2011) *Poult. Sci.* 90, 2801-2810.

POLIN, D (1980) *Poult. Sci.* 59 (Supplemento 1), 1652 (Abstract).

POLIN, D., WOLFORD, J.H. (1976) *Poult. Sci.* 55, 325-334.

RUSSET, C. (2004) *Aqua Feeds* 1, 26-27.

SAFAA, H. M., SERRANO, M. P., VALENCIA, D. G., ARBE, X., JIMENEZ-MORENO, E., LÁZARO, R. y MATEOS, G.G. (2008) *Poult. Sci*. 87, 1595-1602.

SCHAFER, W. (1989) *Advances in Feed Techn.* 2, 32-44

SCHOLDFIELD, C.R. (1981) *Oil Chem.Soc.* 58, 889-892.

SCHOTHORST FEED RESEARCH (2011) Lecithina in Poultry and Pig Feeding. Circular Letter SFR 2011-24. Lelystad. Países Bajos 12 pp.

SOLAE COMPANY (2000) Lecithin for Animal Feed. LEC-T-05. San Luis, MI: 8 pp.

SOLAE COMPANY. (2010) Introduction to the Use of Lecithins a Technical Bulletin. 2-E. Solae, LLC. San Luis, MO. 11 pp.

VILARRASA, E., FRAGUA, V. y BARROETA, A.C. (2011). XLVIII Simposio Científico de Avicultura. AECA. Santiago de Compostela. 11 pp.

VILARRASA, E. (2011) Effects of the use of esteriefied acid oils with different saturation degree and different monoacylglicerides content in broilers chicken diet. Tesis de Máster. Facultad de Veterinaria. Universidad Autónoma de Barcelona.

WOLFORD, J.H., Y POLIN, D. (1975) *Poult. Sci.* 54, 981-991.

ZIEGELITZ, R. (1994). The use of phospholipids and their derivates to increase fat utilization in animal diets. Int. Nutr. Symp. pp 58-68. EURA INRA. Utrecht. Países Bajos Pp 58-68.

FEDNA