

SUBPRODUCTOS RECICLADOS DE ORIGEN ANIMAL EN LA NUTRICIÓN DE RUMIANTES

Dr. Tom Jenkins*. 2014. Engormix.com.

*Departamento de Ciencias Animales y Veterinarias, Clemson University USA.

www.produccion-animal.com.ar

Volver a: [Composición de los alimentos](#)

RESUMEN

El reciclaje de los productos de origen animal de regreso al alimento para especies rumiantes ha tenido un impacto positivo tanto en la eficiencia de la producción ganadera como en la disponibilidad de carne y leche para los consumidores, a un precio más accesible. Los productos animales reciclados se distinguen por proteínas que tienen un alto contenido de aminoácidos que resisten la degradación microbiana en el rumen, y por las grasas animales extraídas que suministran un alto contenido de energía para la producción de carne y leche.

Históricamente, entre los principales productos reciclados de origen animal que se usan como suplementos de proteína se encuentran la harina de carne y hueso, la harina de sangre, la harina de pescado y la harina de plumas. Las reglamentaciones de la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (FDA) en respuesta a las preocupaciones por la encefalopatía espongiforme bovina (BSE), van a dictar la continuación del uso de algunos de los productos animales reciclados como ingredientes para alimentos balanceados para dietas para rumiantes. Las restricciones actuales prohíben la alimentación de harina de carne y hueso de animales rumiantes reciclados de vuelta al ganado y ovejas, pero no hay restricciones todavía en cuanto al uso de la harina de sangre o harina de plumas. Las preocupaciones por los suplementos de proteína provenientes de ganado, han elevado el interés en las harinas avícolas, entre las que se incluye a la harina de plumas y la harina de subproductos avícolas en raciones para ganado.

Los subproductos reciclados de origen animal con alto contenido de grasa, incluyen al sebo y a las grasas. Siendo que la mayoría del material lípido en las grasas recicladas consiste de triglicéridos que contienen 90 por ciento de ácidos grasos o más, la densidad de la energía de las grasas recicladas iguala o excede el contenido de energía de la mayoría de los suplementos de grasas que rutinariamente se usan en las raciones para ganado. La alta densidad energética en combinación con los precios razonables, hace que las grasas recicladas sean competitivas con respecto a las otras grasas para alimentos, con base en el costo por unidad de energía. Las principales limitantes de las grasas extraídas de productos animales, incluyen la necesidad de un transporte y equipo de mezclado especializado, así como su potencial de perturbar la fermentación microbiana en el rumen, lo que posiblemente conduce a una reducción en la digestibilidad del alimento.

CONTRIBUCIONES DE PROTEÍNA DE LOS SUBPRODUCTOS RECICLADOS DE ORIGEN ANIMAL

PREOCUPACIONES REGLAMENTARIAS

Los productos animales reciclados han contribuido inmensamente a cubrir las necesidades de proteína de las especies de ganado rumiantes durante muchas décadas sin problemas de salud para el animal o el consumidor humano. El tratamiento térmico aplicado a los productos reciclados de origen animal para eliminar la humedad era suficiente para eliminar los agentes bacterianos y virales infecciosos. El advenimiento de las preocupaciones por la BSE, comúnmente llamada como la “enfermedad de las vacas locas”, que se dio primero en Europa, llevó a una prohibición de la FDA en Estados Unidos en 1997 que previene la alimentación de ganado y ovejas de cualquier harina de carne y hueso de especies rumiantes. El primer caso de BSE que apareció en Estados Unidos fue en 2003 (importado de Canadá) y hubo un tercer caso que se notificó en 2006. Sigue habiendo gran preocupación por la causa y prevención de la enfermedad, que generalmente se atribuyen a un prión más que a una bacteria o virus. Los priones son pedazos de proteínas celulares normales que se pueden replicar a una forma enfermiza, pero que resisten los tratamientos usuales de inactivación tales como los extremos de pH, radiación y exposición a formalina.

Claramente, el uso continuo de los productos reciclados de origen animal como suplementos de proteína para las dietas del ganado y las ovejas depende de las reglamentaciones actuales y futuras de la FDA. Aunque la harina de carne y hueso de rumiantes se ve afectada por la prohibición de la FDA, la harina de sangre y la harina de plumas no se ven afectadas. Además, todavía está permitido alimentar al ganado con harina de carne y hueso que se origine de productos de cerdo o de aves. Como resultado, ha crecido el interés en alimentar más productos avícolas reciclados al ganado, como se analizará más adelante. Las restricciones adicionales de la FDA van a determi-

nar el alcance y los tipos de productos reciclados de origen animal disponibles como suplementos de proteína para las raciones de ganado y las ovejas. El lector puede obtener más información sobre el impacto de las reglamentaciones de la FDA en el uso de subproductos reciclados de origen animal como ingredientes de alimentos para ganado en la página web de la National Renderers Association (www.renderers.org).

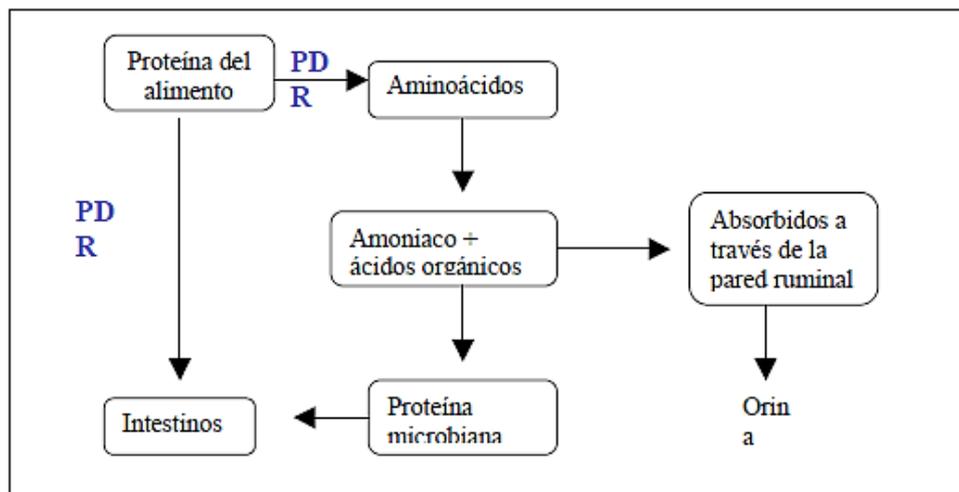
COMPOSICIÓN DE PROTEÍNA Y AMINOÁCIDOS

Los productos reciclados de origen animal se distinguen por su alto contenido de proteínas que contiene aminoácidos que resisten la degradación microbiana en el rumen (figura 1). La porción de proteína de alimento que escapa a la descomposición microbiana se le conoce como proteína no degradable en el rumen (PNDR). La fracción de PNDR lleva aminoácidos intactos del alimento directamente al intestino delgado del rumiante donde se dirigen y absorben. La fracción PNDR puede favorecer la alta producción de carne y leche si contiene las proporciones adecuadas de aminoácidos esenciales que se necesitan para la síntesis de proteína en los tejidos corporales. Una fracción alta de PNDR puede ser perjudicial si contiene aminoácidos que no necesiten los tejidos corporales o si sus aminoácidos constituyentes no se digieren bien en el intestino delgado.

La fracción de proteína degradable en el rumen (PDR) en el alimento está sujeta a la proteólisis de los microorganismos ruminales que producen aminoácidos y péptidos. Posteriormente, los aminoácidos se degradan a amoníaco más ácidos orgánicos. El amoníaco tiene tres posibles consecuencias: (1) absorción a través del epitelio ruminal hacia la sangre, (2) paso al intestino delgado y (3) utilización por parte de los microorganismos ruminales para sintetizar proteína microbiana que a su vez pasa al intestino delgado para su digestión y absorción. El amoníaco que llega a la sangre se puede excretar del cuerpo del animal en la orina, donde ya no tiene más oportunidad de cubrir las necesidades de proteína del animal.

Aunque hay más de 100 productos reciclados de origen animal definidos por la Association of American Feed Control Officials (AAFCO), los principales productos usados como suplementos de proteína para las raciones de ganado incluyen a la harina de carne y hueso, la harina de carne, la harina de aves y de subproductos avícolas, la harina de sangre, la harina de plumas y la harina de pescado. En el cuadro 1 se muestran las de mayor importancia para las dietas de rumiantes junto con su contenido total de proteína y de PNDR. El contenido de proteína varía del 54 por ciento de la harina de carne y hueso al 96 por ciento de la harina de sangre. La mayoría de la proteína en los productos reciclados de origen animal es PNDR, la cual va del 55 por ciento de proteína cruda (PC) de la harina de carne al 78 por ciento de PC de la harina de sangre.

Figura 1. Metabolismo de nitrógeno del rumen: PNDR que pasa directamente al intestino delgado en comparación con la PDR que se convierte a proteína microbiana o se excreta en la orina.



Cuadro 1. Contenido de PC total y fracciones de PNDR de los principales productos reciclados de origen animal que se usan como ingredientes de alimentos balanceados para ganado de engorda y de leche.

	PC, como % de la materia seca		PNDR, % de PC	
	Ganado de engorda ^a	Ganado lechero ^b	Ganado de engorda	Ganado lechero
Harina de sangre	93.8	95.5	75.0	77.5
Harina de plumas	85.8	92.0	70.0	65.4
Harina de pescado ^c	67.9	68.5	60.0	65.8
Harina de carne y hueso		54.2		58.2
Harina de carne	58.2		55.0	

^a De los NRC requirements for Beef Cattle, 1996.

^b De los NRC requirements for Dairy Cattle, 2001. Los datos de la PNDR del ejemplo se basaron en el consumo de alimento balanceado del 4% del peso corporal y 50% de forraje.

^c Pescado menhaden según lo notificado en el NRC for Dairy Cattle, 2001.

La alta concentración de PNDR se debe al tratamiento térmico de los productos reciclados para eliminar la humedad y facilitar la extracción de grasa. El calor desnaturaliza las proteínas y disminuye su hidrosolubilidad, lo que reduce sustancialmente la tasa de proteólisis microbiana. A una tasa de paso de partículas de alimento a través del rumen dada, las tasas proteolíticas más lentas se traducen en un mayor escape de proteína del alimento de la descomposición microbiana. Un estudio reciente mostró que el valor de PNDR de los productos reciclados de origen animal sigue siendo alto en toda la amplia gama de tasas de alimentación (Legleiter et al., 2005).

Aparte del alto contenido de proteína cruda total y de PNDR, es igualmente importante para el alto valor nutritivo de los productos reciclados de origen animal el perfil de aminoácidos (cuadro 2). La harinas de sangre, plumas y pescado contienen al menos cinco aminoácidos esenciales en concentraciones más altas que las que se encuentran en la harina de soya. Además, los aminoácidos en estos subproductos reciclados de origen animal, fueron de 58 a 78 por ciento PNDR en comparación con sólo el 43 por ciento de PNDR en la harina de soya.

Cuadro 2. Perfil de aminoácidos esenciales (Porcentaje de PC) de las principales harinas deshidratadas y molidas de subproductos reciclados de origen animal que se utilizan como ingredientes para alimentos para el ganado de engorda y lechero en comparación con el perfil de aminoácidos de la harina de soya.^a

Aminoácido	Sangre	Plumas	Pescado	HCH	Soya
Arg	4.38	6.93	5.82	6.98	7.32
His	6.36^b	1.15	2.83	1.89	2.77
Ile	1.26	4.85	4.09	2.76	4.56
Leu	12.82	8.51	7.22	6.13	7.81
Lis	8.98	2.57	7.65	5.18	6.29
Met	1.17	0.75	2.81	1.40	1.44
Cis	1.28	5.09	0.91	1.01	1.50
Fen	6.85	4.93	3.99	3.36	5.26
Tre	4.34	4.73	4.20	3.27	3.96
Trip	1.59	0.73	1.05	0.58	1.26
Val	8.68	7.52	4.82	4.20	4.64

^a Del NRC for Dairy Cattle, 2001.

^b Las concentraciones de aminoácidos que se muestran en negritas fueron más altas para los subproductos reciclados de origen animal que para la harina de soya.

NUEVA INFORMACIÓN DE LAS HARINAS DE CARNE DE AVES PARA DIETAS DE RUMIANTES

Con la actual prohibición de la FDA de alimentar harina de carne y hueso (reciclada de rumiantes) de vuelta al ganado y ovejas, y la incertidumbre que rodea a las futuras restricciones de la FDA sobre los subproductos reciclados de origen animal, ha habido un creciente interés en los beneficios nutritivos de los productos avícolas en alimentos para rumiantes. Un esfuerzo reciente fue la reevaluación del valor nutritivo de la harina de plumas como ingrediente para alimentos de ganado de engorda (Cotanch et al., 2006). Se tomaron muestras representativas de harina de plumas cada día durante cinco días de 15 plantas que cubrían aproximadamente el 85 por ciento de la

producción total de harina de plumas de Estados Unidos. Se registró la información del proceso, entre lo que se incluían las condiciones térmicas (tiempo, temperatura y presión), porcentaje de sangre añadida y procesamiento por lotes comparado con el de flujo continuo.

Entre las 15 plantas que proporcionaron muestras para el artículo de Cotanch et al. (2006), seis produjeron harina de plumas sin sangre y las nueve restantes produjeron harina de plumas con adición de sangre. El contenido de nutrientes de la harina de plumas fue consistente entre plantas dentro de la categoría de harina de plumas, es decir, el producto producido sin sangre fue consistente de planta a planta y el producto con sangre también fue consistente en composición de planta a planta. No obstante, la adición de sangre influye sobre la composición de nutrientes del producto final (cuadro 3). La adición de sangre a la harina de plumas no tuvo efectos sobre el contenido de proteína o grasa total, pero fue más alto el contenido de cenizas y la proteína cruda insoluble ácidodetergente (PCIAD) fue más baja para el producto con sangre adicionada. La PCIAD o la proteína ligada en la fracción de fibra ácidodetergente, es un estimado de la fracción de proteína indigestible. De esta manera, la adición de sangre a la harina de plumas aumenta la digestibilidad total de proteína en el tubo digestivo. La adición de sangre tuvo efectos sobre los aminoácidos esenciales, pero no sobre los ácidos grasos individuales. La metionina y la lisina, que generalmente se conocen como los aminoácidos más limitantes para la producción de carne y leche, fueron más altos en los productos de harina de plumas que contienen sangre adicionada.

Cuadro 3. Composición de nutrientes de la harina de plumas con y sin adición de sangre.^a

	Harina de plumas		SEM ^b
	Sin sangre	Con sangre	
Materia seca, %	93.3	93.5	0.9
Proteína cruda, %	87.8	87.8	1.1
Extracto etéreo, %	10.0	9.5	0.9
Ácidos grasos totales, %	7.3	6.8	0.7
Cenizas, %	1.9	2.6	0.2*
PCIND, % de PC	49.9	51.2	4.0
PCIAD, % de PC	26.5	18.9	2.7*
Aminoácidos, % del total de aminoácidos			
Arg	6.88	6.73	0.03*
His	0.74	1.28	0.07*
Ile	4.80	4.79	0.03
Leu	8.21	8.54	0.06*
Lis	2.12	2.90	0.11*
Met	0.70	0.77	0.03*
Cis	5.47	5.15	0.33
Fen	4.91	5.10	0.04*
Tre	4.58	4.60	0.03
Trip	0.57	0.66	0.04*
Val	7.54	7.56	0.07
Principales ácidos grasos, % del total de ácidos grasos			
C14	1.09	1.06	0.05
C16	24.3	25.4	0.3*
C18	8.3	8.9	0.4
C18:1	32.5	32.0	0.6
C18:2	13.2	10.4	0.6
C18:3	0.54	0.34	0.05

* Efecto de la adición de sangre (P < 0.05)

^a De Cotanch et al. (2006).

^b SEM es el error estándar de medición.

Otro esfuerzo reciente de utilizar los nutrientes avícolas reciclados de manera más eficiente para las dietas de rumiantes ha sido el desarrollo de un nuevo proceso para recuperar nutrientes de las aguas de proceso de las plantas de procesamiento avícola. Las aguas de proceso de las plantas de procesamiento avícola contiene una cantidad

considerable de nutrientes orgánicos que se deben de capturar, almacenar, tratar y eliminar de tal manera que se prevenga la contaminación ambiental. Como alternativa, se pueden reciclar los nutrientes en las aguas de proceso como un suplemento alimenticio para rumiantes. Debido a que las aguas de proceso avícola presentan un alto contenido de grasa que contiene ácidos grasos insaturados, existe la preocupación de que pudiera inhibir la fermentación ruminal, lo que causaría una reducción de la digestibilidad del alimento. Recientemente se desarrolló en Simmons Foods, Inc. (Siloam Springs, AR, EUA) un nuevo proceso para recuperar nutrientes de las aguas de proceso mediante la reacción de la materia orgánica para que rinda un producto seco de libre flujo llamado PRO*CAL, que posiblemente pueda reducir o eliminar los efectos negativos sobre la fermentación. El producto final contiene alrededor del 47 por ciento de proteína cruda que es consistentemente más que el 70 por ciento del PNDR. Los estudios en animales muestran que se puede alimentar PRO*CAL a vacas lecheras lactantes como una fuente avícola de proteína y grasa de sobrepeso sin los efectos negativos sobre el consumo de alimento o la producción de leche (Freeman et al., 2005). Además, PRO*CAL tiene la ventaja adicional, en comparación con otros suplementos de proteína de sobrepeso, de mejorar el rendimiento de la leche, es de suponer debido a mayores valores de grasa y energía. Se han hecho estudios adicionales en cultivos continuos de microorganismos ruminales mixtos que muestran que PRO*CAL no afecta la fermentación ruminal y que presenta una biohidrogenación más baja de los ácidos grasos insaturados al compararse con una cantidad equivalente de aceite de soya (Jenkins y Sniffen, 2004). De esta manera, a diferencia de la grasa avícola que tiene una concentración mayor de ácidos grasos insaturados, el producto PRO*CAL podría usarse como suplemento de alimentos para ganado lechero sin efectos negativos significativos sobre la fermentación ruminal.

Cuadro 4. Usos y beneficios notificados de la grasa adicional en las raciones para rumiantes.

Uso de la grasa	Beneficios
Aumento de la densidad energética de la dieta	Aumenta la producción de carne y leche
Reduce la pérdida de calor metabólico	Eleva el consumo de alimento y la producción en climas calientes y húmedos
Reduce la polvosidad y la separación de partículas en alimentos mezclados	Mejora el manejo y la seguridad del alimento balanceado
Altera el perfil de ácidos grasos de la carne y la leche	Cumple con las directrices nutrimentales publicadas para humanos y mejora el consumo de los productos alimenticios de origen animal
Mejora el despacho a tejidos de ácidos grasos insaturados y ácidos	Mejora el funcionamiento metabólico y fisiológico tales como el desempeño reproductivo y la inmunidad

CONTRIBUCIÓN DE LA GRASA DE LOS SUBPRODUCTOS RECICLADOS DE ORIGEN ANIMAL

Los productos grasos del reciclaje animal continúan usándose ampliamente como ingredientes para alimentos balanceados para una gran variedad de especies de ganadería, entre los que se incluyen a los rumiantes. El cuadro 4 lista una multitud de usos y beneficios ya investigados de adicionar la grasa a las raciones para ganado de engorda y ovejas.

La razón fundamental de añadir grasa a las dietas de rumiantes ha sido la energía. En el transcurso de los últimos 25 años, el ganado lechero ha recibido más atención en la alimentación de grasa que el ganado de carne, debido a las mayores presiones por mantener consumos adecuados de fibra. El aumento de la energía al reemplazar forrajes con granos llegó a su límite máximo en muchas operaciones lecheras, ya que los consumos bajos de fibra se relacionan con una mayor incidencia de varias enfermedades digestivas y metabólicas. La adición de grasa a la ración proporciona un medio alternativo de aumentar la densidad energética de la dieta sin disminuir apreciablemente el contenido de fibra. Las grasas por lo general se escogen para incluirse en las dietas de ganado con base en el costo, disponibilidad, características de manejo y desempeño animal. El desempeño animal incluye cuestiones tales como la manera en que la fuente de grasa afecta el consumo del alimento, la influencia de la fuente de grasa sobre la digestión en el rumen y cómo el suplemento de grasa en sí mismo se digiere y absorbe en los intestinos del animal.

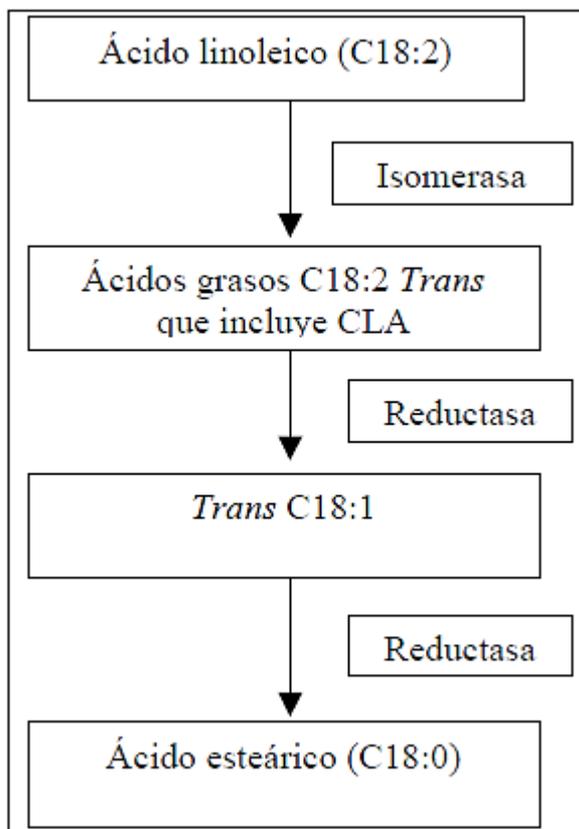
Figura 2. Beneficios reproductivos notificados de alimentar grasa adicional a vacas lecheras durante la lactación establecida (Petit, 2003).

- Aumenta el diámetro del cuerpo lúteo
- Aumenta la concentración de progesterona
- Aumenta la síntesis de prostaglandinas serie 3 de DHA y EPA
- Inhibe la actividad de la ciclooxigenasa y la síntesis de $PGF_{2\alpha}$: previene la regresión del cuerpo lúteo y aumenta los índices de fertilidad

Conforme se exploraban los méritos de producción de los suplementos de grasa en las raciones de ganado lechero y de engorda, surgieron preguntas acerca de la utilidad de la grasa para ayudar a aliviar el estrés calórico. Los estudios de metabolismo en muchas especies animales han confirmado que la grasa produce menos pérdidas de calor metabólico en comparación con los carbohidratos o las proteínas, con base a un mismo nivel de kilocalorías. Así, constituyó una idea atractiva reemplazar los carbohidratos con grasas como un medio de elevar el consumo de energía en climas cálidos sin ninguna carga adicional de calor metabólico. Sin embargo, debido a que estaban limitados los niveles de grasa a concentraciones relativamente bajas en la dieta, fueron mínimos los ahorros en calor metabólico. Hasta que se administran niveles de grasa más altos al ganado, se le puede atribuir muy poco mérito a su contribución en aliviar el estrés calórico.

En los últimos 10 años, se ha dirigido más la atención a los usos de los suplementos de grasa en las raciones para ganado que no están relacionadas con su valor energético. Estas funciones no calóricas se enfocan al aumento del despacho de ácidos grasos insaturados a tejidos corporales ya sea para alterar el valor nutritivo de la carne y la leche o para cubrir las exigencias tisulares de ácidos grasos esenciales. Por ejemplo, se ha hablado de respuestas positivas en el desempeño reproductivo del ganado de engorda en varios lugares cuando se añaden a la dieta ácidos grasos poliinsaturados protegidos contra el rumen (figura 2). Los suplementos de grasas que compiten por estas funciones no calóricas, tales como la mejora en el desempeño reproductivo deben de satisfacer dos criterios: (1) deben contener una cantidad apreciable del ácido graso poliinsaturado deseado, y (2) los ácidos grasos poliinsaturados deben resistir la destrucción de los microorganismos ruminales que se produce a través del proceso de la biohidrogenación. La biohidrogenación causa una pérdida rápida y amplia de ligaduras dobles en ácidos grasos insaturados de la dieta (figura 3) mediante el proceso de reducción enzimática que llevan a cabo los microorganismos en el estómago del ganado, principalmente en el compartimiento del rumen.

Figura 3. Principales pasos en la biohidrogenación del ácido linoleico por los microorganismos ruminales.



BENEFICIOS ENERGÉTICOS Y LIMITANTES DE LAS GRASAS RECICLADAS PARA LAS RACIONES DE GANADO

Siendo que la mayoría del material lípido en las grasas recicladas consiste de triglicéridos que contienen 90 por ciento de ácidos grasos o más, la densidad de la energía de las grasas recicladas iguala o excede el contenido de energía de la mayoría de los suplementos de grasas que rutinariamente se usan en las raciones para ganado. La alta densidad energética en combinación con los precios razonables, hace que las grasas recicladas sean competitivas con respecto a las otras grasas para alimentos, con base en el costo por unidad de energía. La mayor consideración de las grasas recicladas como suplementos de las dietas de rumiantes se basa principalmente su conveniencia y características del desempeño animal. El asunto de la conveniencia incluye la disponibilidad del producto en algunas zonas geográficas, pero principalmente se centra en la necesidad de equipo especializado para transportar y mezclar aceites semisólidos o líquidos en las granjas. Muchas fuentes de grasas comerciales que compiten tienen un mayor costo, pero procesan la grasa para que sea un polvo seco de libre flujo, de tal forma que sea más fácil su transporte y el mezclado en la granja.

El valor energético del suplemento de grasas, explica sólo parcialmente la variación que se ha notificado en el desempeño animal. La producción sólo mejora si la grasa añadida aumenta la concentración de energía digestible (ED) de la dieta completa. Todas las fuentes de grasa se agrupan en las recomendaciones del National Research Council (NRC) para ganado de engorda (1996) con un valor asignado de ED de 7.30 Mcal/kg (cuadro 5). Las recomendaciones del NRC para ganado lechero (2001) dividen las fuentes de grasa en cinco categorías con un intervalo en el valor de ED de 7.70 Mcal/kg para aceites vegetales a 4.05 Mcal/kg para el sebo parcialmente hidrogenado.

Cuadro 5. Total de nutrientes digestibles (TND) y Energía digestible (ED) de las grasas incluidas por el NRC para ganado de engorda y lechero.

	TND, por ciento	ED, Mcal/kg
NRC for Beef (1996)	177	7.30
NRC for Dairy (2001)		
Jabones cálcicos	163.5	6.83
Sebo hidrolizado	176.3	7.37
Sebo parcialmente hidrogenado	96.6	4.05
Sebo	147.4	6.17
Aceite vegetal	184.0	7.70

Más importante que el valor ED de la grasa es el aumento en la ED total de la ración que resulta de la adición de la fuente de grasa. Los suplementos de grasa tal vez no eleven la ED total de la ración, si la grasa reduce el consumo de alimento y la digestibilidad de los carbohidratos, o si sus ácidos grasos constituyentes se digieren mal. La importancia de estas limitantes potenciales se analizará brevemente para las grasas recicladas.

EFFECTOS DE LAS GRASAS ANIMALES SOBRE EL CONSUMO DE ALIMENTO

Las grasas añadidas a las raciones de ganado lechero pueden reducir el consumo de alimento, lo cual puede reducir mucho o incluso eliminar la respuesta positiva de la producción. Incluso una cantidad tan baja como 0.5 kg menos de consumo de alimento puede neutralizar cualquier ventaja energética que vengan de los niveles típicos de la grasa añadida, previniendo así la respuesta positiva de la producción de leche. Se han notificado reducciones en el consumo de alimento para una amplia variedad de fuentes de grasa, y a menudo, las disminuciones en el consumo son menos graves para las grasas recicladas que para el aceite vegetal o algunos suplementos comerciales de grasa. En todo un resumen de más de 20 estudios en ganado lechero en los que se alimentó sebo o grasa, solamente dos de ellos mostraron disminuciones significativas en el consumo de alimento (Allen, 2000). Un resumen más reciente de la literatura hecho por Onetti y Grummer (2004) muestra que los efectos del consumo del sebo dependen de la fuente de forraje. El sebo adicionado a dietas de ensilado de maíz reduce el consumo y no aumentó la producción de leche. Sin embargo, se observó una respuesta positiva a la producción de leche cuando se alimentó el sebo a dietas a base de alfalfa o a dietas con las mismas proporciones de alfalfa y ensilado de maíz.

Están en consideración varias causas de la disminución en el consumo de alimento por la grasa adicionada. Entre éstas se incluye una reducción en la motilidad intestinal, reducción en la aceptabilidad de las dietas con grasa añadida, liberación de hormonas intestinales y la oxidación de la grasa en el hígado (Allen, 2000). Refiérase a Allen (2000) para consultar la descripción de cada factor y una comparación de las fuentes de grasa. Las hormonas intestinales continúan recibiendo una considerable atención como reguladores del consumo de alimento. La disminución del consumo de alimento en vacas alimentadas con suplementos de grasas se ha atribuido a cambios en la colecistocinina (Choi y Palmquist, 1996) y en el péptido glucagonoide 1 (Benson y Reynolds, 2001). Se han

ligado también otros péptidos de origen intestinal, tales como el péptido YY, los glucagones pancreáticos, glicentina y la oxitomodulina, a la reducción de los patrones del consumo de alimento en animales alimentados con grasa (Holst, 2000). El trabajo anterior ha mostrado que la infusión abomasal de ácidos grasos insaturados causa una mayor disminución del consumo de alimento que la infusión de ácidos grasos saturados (Drackley et al., 1992; Bremmer et al., 1998). Un estudio reciente de Litherland et al. (2005) mostró que la disminución en el consumo era mayor después de la infusión del abomaso de ácidos grasos libres insaturados que lo que hubo después de la infusión de triglicéridos insaturados. Además, conforme disminuía el consumo en el estudio de Litherland et al. (2005), aumentaba la concentración en plasma del péptido gluconoide 1, pero no cambiaba la concentración en plasma de colecistocinina.

EFFECTOS DE LA GRASA ANIMAL SOBRE LA FERMENTACIÓN Y DIGESTIÓN RUMINAL

Los suplementos de grasa deben limitarse a sólo un pequeño porcentaje en las dietas de rumiantes para evitar problemas de digestibilidad ruminal que resulten de la actividad antimicrobiana de sus ácidos grasos constituyentes. Las fuentes de grasa que tienen el potencial de causar problemas de fermentación ruminal se conocen como grasas activas en el rumen. Los efectos antibacterianos de los ácidos grasos en el rumen son complejos y dependen de las interrelaciones entre la estructura de los ácidos grasos, la concentración de éstos, la presencia de partículas de alimento y el pH del rumen (Jenkins, 2002). Las características estructurales de los ácidos grasos que mejoran la actividad antibacteriana en el rumen incluyen un grupo de ácidos libres en la cadena de carbonos y la presencia de una o más dobles ligaduras. Por lo tanto, el mejoramiento de los ácidos grasos libres y la insaturación de los ácidos grasos en las fuentes de grasa recicladas por lo general reduce la cantidad que se puede incluir en las dietas de ganado. Varias grasas comerciales minimizan problemas de fermentación ruminal al mejorar la concentración de menos ácidos grasos saturados antibacterianos. Se conocen estos como grasas inertes en el rumen para expresar sus efectos antimicrobianos más bajos en el rumen.

Los ácidos grasos insaturados típicamente van desde un nivel bajo del 48 por ciento en el sebo de res hasta un 70 por ciento de los ácidos grasos totales en la grasa avícola (cuadro 6). La manteca y la grasa de cerdo son intermedias en este porcentaje de ácidos grasos insaturados totales. La concentración de ácido oleico es similar en todas las fuentes de grasa animal, lo que significa que la mayor parte de la variación en el porcentaje de ácidos grasos insaturados se debe a la variación en los ácidos grasos poliinsaturados (ácidos linoleico y linolénico).

Cuadro 6. Composición de ácidos grasos de las grasas animales recicladas de acuerdo al orden del aumento de insaturación (Rouse, 2003).

Ácido graso	Sebo de res	Manteca	Grasa de cerdo	Grasa avícola
Mirístico	3.0	1.5	1.5	1.5
Palmitico	25.0	27.0	23.0	21.0
Palmitoleico	2.5	3.0	3.5	6.5
Estearico	21.5	13.5	11	8.0
Oleico	42.0	43.4	40.0	43.0
Linoleico	3.0	10.5	18.0	19.0
Linoleico		0.5	1.0	1.5
Saturados	49.5	42.0	35.5	30.0
Insaturados	47.5	57.4	62.5	70.0

Grasa activa en el rumen (porcentaje de MS de la ración) = $4 \times \text{FND/AGI}$

En la que,

FND = concentración de fibra neutrodetergente de la ración total mezclada

AGI = suma de los ácidos oleico, linoleico y linolénico en la grasa suplementaria

Cuadro 7. Cantidades máximas de grasas animales recicladas para su inclusión en raciones de ganado lechero calculadas en la Ecuación 1.

	Sebo de res	Manteca	Grasa de cerdo	Grasa avícola
AGI	45.0	54.4	59.0	63.5
Porcentaje de grasa ^a				
FND=25	2.22	1.84	1.69	1.57
FND=35	2.93	2.43	2.24	2.08
g grasa/día ^b				
FND = 25	660	552	507	471
FND = 35	879	729	672	624

^a Porcentaje de grasa añadida en la MS de la ración que cubre la gama de concentraciones de FND para raciones de ganado lechero recomendadas por el NRC (2001).

^b Gramos de grasa añadida por día que cubre la gama de concentraciones de FND para las raciones de ganado lechero recomendadas por el NRC (2001), suponiendo que el consumo de MS = 30 kg/día.

De acuerdo con la Ecuación 1, se pueden alimentar mayores concentraciones de grasa recicladas al ganado lechero mediante el aumento ya sea de la saturación de la grasa o de la concentración de la fibra de la dieta. Por ejemplo, los niveles recomendados de grasas recicladas para ganado lechero que consume dietas con 25 por ciento de FND varía de 2.22 por ciento para el sebo a 1.57 por ciento para la grasa avícola más insaturada (cuadro 7). El aumento en la concentración de FND de la dieta de 25 a 35 por ciento aumenta los niveles recomendados de alimentación de todas las fuentes de grasa recicladas, pero los aumenta más para el sebo de res más saturado. Debido a que las tasas de alimentación de grasas saturadas son más altas en las raciones para ganado, se han desarrollado varias grasas inertes en el rumen de la hidrogenación parcial de grasas animales para reducir la insaturación y mejorar el manejo.

DIGESTIBILIDAD INTESTINAL DE LAS GRASAS ANIMALES RECICLADAS

La baja digestibilidad intestinal de los ácidos grasos en los suplementos de grasa puede ser otro factor que reduce el valor de ED de las dietas de rumiantes. Las diferencias en los valores de ED entre las fuentes de grasa publicadas en las recomendaciones del NRC para ganado lechero (2001) se deben principalmente a diferencias en sus digestibilidades verdaderas. Las digestibilidades verdaderas adoptadas por el NRC van desde un nivel alto del 86 por ciento para el aceite vegetal y sales de calcio, a un nivel bajo del 43 por ciento para el sebo parcialmente hidrogenado. El NRC le asignó al sebo una digestibilidad intermedia del 68 por ciento.

No es de sorprender que, con base en los resultados de estudios previos, la alimentación del sebo parcialmente hidrogenado reduzca la digestibilidad de los ácidos grasos. La hidrogenación de la grasa amarilla para reducir el valor de yodo (VY) de 56 a 18, redujo la digestibilidad aparente de los ácidos grasos en el tubo digestivo total del 67.8 al 47.4 por ciento (Jenkins y Jenny, 1989). Las digestibilidades de los ácidos grasos juntas de 11 estudios fueron normales (similar a los valores control) cuando el VY excedió el 40, (Firkins y Eastridge, 1994), pero por debajo de 40 cayó progresivamente la digestibilidad de ácidos grasos conforme iba bajando este índice.

La digestibilidad más baja de las grasas hidrogenadas puede estar relacionada con su mayor contenido de ácidos grasos saturados. La presencia de uno, dos o tres dobles ligaduras aumenta la digestibilidad de ácidos grasos en una cantidad similar. Grummer y Rabelo (1998) también informaron de mejoras similares en la digestibilidad aparente de ácidos grasos por la presencia de una o más dobles ligaduras. La digestibilidad verdadera del ácido esteárico fue del 53 por ciento y la más baja entre los ácidos grasos de 18 carbonos. La introducción de una sola doble ligadura mejoró la digestibilidad verdadera al 78.4 por ciento. Cabe señalarse que algunos estudios no distinguen entre los flujos de cis o trans 18:1 al duodeno. Las digestibilidades más bajas de 18:1 pueden resultar de flujos de trans 18:1.

Debido al coeficiente de la digestibilidad verdadera más bajo y al valor energético más bajo del sebo notificado en las recomendaciones de la NRC para ganado lechero (2001), la Fat and Proteins Research Foundation comisionó una revisión independiente de literatura para estudiar la digestibilidad del sebo comparado con otros suplementos de grasa en ganado lechero 1. El informe final reveló varias discrepancias en la literatura. En primer lugar, varios estudios informaron de la alimentación de sebo a vacas lecheras en estudios de digestibilidad, pero las composiciones de ácidos grasos que mencionaban indicaban que la fuente más probable de grasa era más bien

grasa y no sebo. En segundo lugar, algunos estudios informaban que examinaron la digestibilidad del sebo cuando de hecho, era una mezcla de fuentes de grasa la que se incluía en la dieta.

El informe final resumió la digestibilidad de los ácidos grasos de estudios que incluían datos sólo de vacas lecheras en lactación alimentadas con una dieta control sin ingredientes altos en grasa, además de que las fuentes de grasa no estaban combinadas con otras grasas. Un total de 32 estudios publicados cumplieron con todos los criterios y 45 estudios fueron rechazados. Los criterios de selección limitaron el número de observaciones para algunas fuentes de grasas, especialmente las oleaginosas y los aceites vegetales que por lo general se alimentan en combinación con otras fuentes de grasa.

Entre las fuentes de grasa que se estudiaron, solamente el sebo y las sales de calcio de los ácidos grasos de palma tuvieron digestibilidades totales promedio en el tubo intestinal que fueron numéricamente más altas que las dietas control (cuadro 8). La clasificación fue similar cuando las digestibilidades de las fuentes de grasa se calcularon por diferencia. A la inversa, las fuentes de grasa hidrogenadas tuvieron digestibilidades sustancialmente más bajas de ácidos grasos, ya fueran expresadas como digestibilidades aparentes o que fueron calculadas por diferencia. Las fuentes de grasa hidrogenadas también tuvieron las desviaciones estándar más altas, lo que indica que existe una variación más amplia en los valores de digestibilidad de las grasas hidrogenadas en comparación con otras fuentes de grasa. El análisis más profundo de los datos mostró que alrededor del 80 por ciento de los casos de grasas hidrogenadas disminuyó la digestibilidad de los ácidos grasos de la dieta en más del 5 por ciento. El sebo disminuyó la digestibilidad de los ácidos grasos de la dieta más del 5 por ciento de los ácidos grasos control en sólo 27 por ciento de los casos estudiados.

Cuadro 8. Resumen de la digestibilidad de los ácidos grasos de dietas control y dietas con grasa añadida de 32 estudios publicados con ganado lechero lactante.

	n ^c	Digestibilidad aparente ^a		Digestibilidad de grasa por diferencia ^b	
		Promedio	DE ^d	Promedio	DE
Control	32	72.3	7.7		
Sebo	11	73.9	8.5	72.8	13.2
Grasa hidrogenada	24	62.8	9.0	53.7	17.4
Oleaginosas	6	66.4	8.4	54.0	20.8
Aceites vegetales	9	63.5	7.2	61.6	9.4
Sales de calcio	15	74.3	8.9	80.1	12.1

^a Ácidos grasos digeridos a lo largo de todo el tubo digestivo como porcentaje de los ácidos grasos consumidos.
^b Ácidos grasos en la dieta basal que se restaron del alimento y las heces para calcular la digestibilidad solamente de la fuente de grasa añadida.
^c Número de estudios = n.
^d Desviación estándar.

EL FUTURO DE LOS PRODUCTOS RECICLADOS DE ORIGEN ANIMAL COMO INGREDIENTES DE ALIMENTOS PARA RUMIANTES

Hay todavía una creciente necesidad en las raciones para ganado de engorda y de leche de productos que puedan suministrar PNDR que contenga los aminoácidos esenciales necesarios para el crecimiento y la producción de leche. Los subproductos reciclados de origen animal se posicionaron bien en el pasado para cubrir las necesidades críticas de aminoácidos con un producto consistente y de precio asequible. Los problemas regulatorios que rodean a la BSE han surgido de pronto en los últimos años y han puesto en duda su futuro. Indudablemente, el uso de los subproductos reciclados de especies rumiantes que se alimentan de vuelta al ganado y a las ovejas se va a limitar. Tal vez crecerá el interés de utilizar los subproductos reciclados de especies no rumiantes, como ya está ocurriendo con los productos avícolas.

Los productos de grasa derivados de los productos reciclados de origen animal parecen estar menos afectados por las restricciones impulsadas por la BSE. Sin embargo, el sebo y las grasas de los subproductos reciclados de origen animal se enfrentan a un mercado cada vez más competitivo de fuentes de grasas animales especializadas. En rumiantes, las grasas se consideran cada vez más y más para proporcionar ácidos grasos poliinsaturados específicos a los tejidos, en lugar de que sólo se vean como fuentes de energía. Aunque el alto valor energético de las grasas animales recicladas no puede dejarse pasar por alto, deben surgir usos innovadores no energéticos de éstas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Allen, M.S. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 83:1598-1624.
2. Benson, J.A., and C.K. Reynolds. 2001. Effects of abomasal infusion of long-chain fatty acids on splanchnic metabolism of pancreatic and gut hormones in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84:1488-1500.
3. Bremmer, D.F., L.D. Ruppert, J.H. Clark, and J.K. Drackley. 1998. Effects of chain length and unsaturation of fatty acid mixtures infused into the abomasum of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81:176-188.
4. Choi, B.R., and D.L. Palmquist. 1996. High fat diets increase plasma cholecystokinin and pancreatic polypeptide, and decrease plasma insulin and feed intake in lactating dairy cows. *J. Nutr.* 126:2913-2919.
5. Cotanch, K., T. Jenkins, C. Sniffen, H. Dann, and R. Grant. 2006. Fresh look at nutrient composition of feather meal products. *Feedstuffs* (Submitted).
6. Drackley, J.K., T.H. Klusmeyer, A.M. Trusk, and J.H. Clark. 1992. Infusion of long-chain fatty acids varying in saturation and chain length into the abomasums of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 75:1517-1526.
7. Firkins, J.L., and M.L. Eastridge. 1994. Assessment of the effects of iodine value on fatty acid digestibility, feed intake, and milk production. *J. Dairy Sci.* 77:2357-2366.
8. Freeman, S.J., P.J. Myers, C.J. Sniffen, and T.C. Jenkins. 2005. Feed intake and lactation performance of Holstein cows fed graded amounts of a poultry-based protein and fat supplement (PRO*CAL). *J. Dairy Sci.* (Suppl. 1) 83:394.
9. Grummer, R., and E. Rabelo. 1998. Factors affecting digestibility of fat supplements. *Proc. Southeast Dairy Herd Mgmt. Conference*, November 9-10, Macon, GA. pp 69-79.
10. Holst, J.J. 2000. Gut hormones as pharmaceuticals. From enteroglucagon to GLP-1 and GLP-2. *Reg. Peptides.* 93:45-51.
11. Jenkins, T.C. 2002. Lipid transformations by the rumen microbial ecosystem and their impact on fermentative capacity. *Gastrointestinal Microbiology in Animals*, S. A. Martin (Ed.), Research Signpost, Kerala, India. pp 103-117.
12. Jenkins, T.C., and C.J. Sniffen. 2004. Fermentation characteristics and fatty acid biohydrogenation in continuous cultures of mixed ruminal microorganisms fed diets containing poultry products and nutrients reclaimed from the process water of processing plants. *J. Dairy Sci.* 87 (Suppl. 1): 211.
13. Jenkins, T.C. and P.K. Chandler. 1998. How much fat can cows handle? *Hoard's Dairyman*, Sept 25. p. 648.
14. Jenkins, T.C. and B.F. Jenny. 1989. Effect of hydrogenated fat on feed intake, nutrient digestion, and lactation performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72: 2316-2324.
15. Legleiter, L.R., A.M. Mueller, and M.S. Kerley. 2005. Level of supplemental protein does not influence the ruminally undegradable protein value. *J. Anim. Sci.* 83:863-870.
16. Litherland, N.B., S. Thire, A.D. Beaulieu, C.K. Reynolds, J.A. Benson, and J.K. Drackley. 2005. Dry matter intake is decreased more by abomasal infusion of unsaturated free fatty acids than by unsaturated triglycerides. *J. Dairy Sci.* 88:632-643.
17. National Research Council. 1996. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
18. National Research Council. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
19. Onetti, S.G., and R.R. Grummer. 2004. Response of lactating cows to three supplemental fat sources as affected by forage in the diet and stage of lactation: a meta-analysis of literature. *Anim. Feed Sci. Technol.* 115:65-82.
20. Petit, H. 2003. Effects of dietary fat on reproduction. *Proceedings 2003 Tri-state Dairy nutrition Conference*, April 8-9, Fort Wayne, Indiana. pp 35-48.
21. Rouse, R.H. 2003. Feed fats quality and handling characteristics. *Multi-state Poultry Meeting*, May 20-22, 2003.

Volver a: [Composición de los alimentos](#)