



Universidad de Buenos Aires

Universidad de Buenos Aires Facultad de Ciencias Veterinarias

Área de Nutrición y Alimentación Animal. Intensificación en Nutrición Animal y Enfermedades Médicas en Producción

Trabajo Final de Nutrición

*“Alimentación de bovinos con sub-productos de la
industria del biodiesel”*

Alumno: Facundo Javier Galvani

L.U.: 27.576.890

Mail: facundogalvani@hotmail.com

Tutor: Carlos Fernández

Resumen: Actualmente se está viviendo en la Argentina una reducción de la superficie destinada a la ganadería, debido a la mayor rentabilidad que presenta la actividad agrícola. Gran parte de los productos agrícolas, principalmente la soja, se utilizan para la elaboración de biocombustible. Esta situación descrita podría verse como una crisis para la ganadería. La idea principal de este trabajo es advertir sobre las oportunidades que se presentan para el sector ganadero a partir del conocimiento del proceso de elaboración del biodiesel.

El biodiesel en su elaboración produce un residuo en cantidades importantes, este residuo es el glicerol, el cual puede ser utilizado por los rumiantes como fuente de energía. Hasta el momento la mayor parte de la glicerina se ha utilizado para evitar la cetosis en vacas lecheras, pero estudios más recientes demuestran que se puede utilizar como principal fuente de energía sin afectar la fisiología normal del bovino. Cabe destacar que la glicerina es sensiblemente más económica que el maíz (principal base energética en sistemas intensivos), es por ello que el uso de este sub-producto se presenta como una oportunidad y una adaptación de la ganadería a la realidad actual. Existen limitantes para su utilización relacionadas con la interacción con otros alimentos, la forma de presentación y la capacidad de los bovinos de asimilarlo. Pese a estar frente a una ventaja para el sector carecemos, actualmente de ensayos sobre el uso de glicerina a largo plazo en ganados, tanto de carne como leche.

Palabras clave: Soja, Biodiesel, Residuos, Glicerina, Bovinos, Suplementación

Introducción:

La superficie utilizada para la producción animal, más precisamente la producción bovina, se ha visto reducida en los últimos años a causa de la mayor rentabilidad de los productos agrícolas y la posibilidad de utilización de suelos que antiguamente no podían destinarse a la agricultura.

Rearte considera que el cultivo de la soja, que este año ocupa 16.900.000 hectáreas, es responsable de la retracción de la superficie ganadera, pero que en el futuro también lo será el maíz a partir del *“protagonismo que está adquiriendo a nivel mundial como materia prima de biocombustibles”* (15). El hecho de que la ganadería y la agricultura compartan superficie hace que el avance de esta última repercuta sobre aquella.

La diferencia de rentabilidad entre la agricultura y la ganadería podría llevar a pensar que difícilmente la producción de carne pueda tener un crecimiento mientras se mantenga la demanda y el precio actual del mercado internacional del *“cultivo divisa”*(16).

El incremento de la superficie dedicada a la soja se comporto de diferente manera de acuerdo a la región donde se producía, tal es así que en la Pampa Húmeda fue ocupando en mayor medida superficie que antes se utilizaba para otros cultivos, en cambio en otras zonas como las que incluyen a las provincias de Santa Fe y Córdoba y Entre Ríos el mayor aumento de producción se produjo sobre tierras que dedicaban a la ganadería.

En este contexto es necesario intensificar la producción ganadera y maximizar los recursos para poder mantener la producción. Como una herramienta fundamental para cumplir este propósito se encuentra la suplementación, ya sea de animales 100% estabulados o aquellos que combinan este instrumento con el pastoreo a campo. Esto permite mantener el número de cabezas en menor superficie y acelerar los procesos.

Gran parte de los productos agrícolas son utilizados para la elaboración de biocobustibles, estos son una fuente de energía proveniente de recursos renovables(productos agrícolas en su mayoría), los dos biocombustibles mas importantes son el etanol y el biodiesel.

En cuanto al biodiesel, la USDA (United States Departament of Agriculture) proyecta un incremento de los galones de biodiesel producidos de casi 10 veces en los

próximos 9 años a nivel mundial. La previsión, entonces, es que Argentina reafirmará su participación dominante en el comercio mundial biodiesel de soja, donde en 10 años las ventas locales constituirán el 50 por ciento del total mundial(17).

Hasta hace pocos años el biodiesel en Argentina la producción de biodiesel se realizaba a pequeña escala a partir del año 2000 comienza a crecer la industria que en el 2006 produjo 50 mil metro cúbicos de biodiesel según estimaciones de la USDA(21).

La producción de nuevas plantas ya autorizadas, sumadas a las otras mas pequeñas lograran cuadruplicar la producción en poco tiempo (21).

Así como otras industrias cuyas materias primas provenientes del agro brindan subproductos que pueden ser utilizados para la alimentación animal, es factible pensar que la industria del biodiesel no sería la excepción.

El fin de este trabajo es investigar la existencia de estos subproductos y en caso de que no fuera ya conocidos y utilizados, caracterizarlos nutricionalmente, saber si se pueden utilizar en alimentación bovina y en que forma, conocer experiencias sobre su uso y describir ventajas y desventajas de su implementación.

Para cumplir tal fin se plantearon los siguientes objetivos:

- Conocer cuáles son los pasos generales de la industrialización del biodiesel para poder saber cuales son los residuos.
- Propiedades nutricionales del glicerol, forma de presentación, límite de inclusión y consumo por parte de los bovinos para saber si es factible su uso.
- Conocer los resultados de experiencias de alimentación con el glicerol.

Pasos generales de la industrialización del biodiesel para poder saber cuales son los residuos.

La ASTM (American Society for Testing and Materials) define al biodiesel como el “éster monoalquílico de cadena larga de ácidos grasos derivados de recursos renovables”, como por ejemplo aceites vegetales o grasas animales, para utilizarlos en motores Diesel”(18).

El aceite vegetal virgen se puede obtener de muchas fuentes, tales como los porotos de soja, de las semillas de girasol, del aceite de palma o colza/canola e incluso de algunos tipos de algas. El aceite vegetal reciclado de restaurantes locales y otras de otras fuentes son también una reserva útil del combustible renovable para los motores diesel (22).

En la Argentina la principal fuente de aceites vegetales es el poroto de soja es por ello que este estudio se basa en su utilización. (26)

El biodiesel se puede usar puro (B100) o mezclado con gasoil en cualquier porcentaje, por ejemplo 20% de biodiesel con 80% de gasoil (B20) (11).

El proceso de elaboración del biodiesel esta basado en la llamada transesterificación de los glicéridos, utilizando catalizadores. Desde el punto de vista químico, los aceites vegetales son triglicéridos, es decir tres cadenas moleculares largas de ácidos grasos unidas a un alcohol trivalente, el glicerol. Si el glicerol es reemplazado por metanol, se obtienen tres moléculas más cortas del ácido graso metiléster. El glicerol desplazado se recupera como un subproducto de la reacción.

Por lo tanto en la reacción de transesterificación, una molécula de un triglicérido reacciona con tres moléculas de metanol o etanol para dar tres moléculas de monoésteres y una de glicerina (19)

En esta explicación podemos apreciar, claramente, la obtención de glicerol o glicerina (ambos términos se refieren a la misma molécula) como resultado de la reacción química de transesterificación que permite conseguir biodiesel.

Antes de describir los pasos a realizar en la fabricación del biocombustible es conveniente detallar brevemente la estructura de la fábrica, esta se divide en tres módulos:

ESQUEMA DE LA PLANTA

La descripción de cada módulo de la planta es la siguiente:

a) Molino de aceite.

Los productos obtenidos son:

- Aceite vegetal crudo.
- Harina de alto contenido proteico (soja).

El aceite crudo es posteriormente procesado, transformado en biodiesel y glicerol, y la harina se vende como alimento para animales, eventualmente después de un proceso de estabilización de enzimas y acondicionamiento (19).

Este punto es de suma importancia ya que en esta etapa surge la harina que en el caso de ser de soja contiene alto porcentaje proteico siendo clasificado como un "concentrado proteico" el cual posee las mismas características de aquel proveniente de la industria aceitera.

b) Unidad de refinamiento y transesterificación.

- Esta unidad produce el filtrado y remoción, catalítica o por destilación, de ácidos grasos libres. El producto es aceite vegetal refinado y sin ácidos, que constituye el material de alimentación para la: Unidad de transesterificación (19).

En esta etapa del proceso el aceite es transformado catalíticamente, mediante agregado de metanol o etanol con el catalizador previamente mezclado, en metil o etiléster y glicerol (19).

c) Unidad de purificación y concentración de glicerol.

Consiste en una etapa de filtrado y purificación química, un equipo de concentración del glicerol, y el posterior almacenamiento del glicerol puro (19).

En esta fase podemos observar que tenemos dos tipos de glicerol: uno es el glicerol sin purificar, también llamado crudo y el otro es aquel que a pasado por la unidad de purificación denominado puro, ambos con diferentes grados de pureza, diferentes costos y ambos aptos para consumo animal.

Transesterificación

El aceite con ácidos y gomas eliminados (parte refinada) se transforma en metil o etiléster por medio de un proceso catalítico de etapas múltiples, utilizando metanol o etanol (10% de la cantidad de aceite a ser procesado). El metiléster crudo se refina posteriormente en un lavador en cascada.

Si el producto se utiliza como combustible para motores, no necesita el proceso de destilación pero puede ser fácilmente integrado en el esquema de proceso si se desea un metiléster de calidad química (19).

Refinamiento del glicerol

El proceso de transesterificación produce como subproducto derivado aproximadamente 10 % de glicerol. Este glicerol en bruto contiene impurezas del aceite en bruto, fracciones del catalizador, mono y diglicéridos y restos de metanol. Con el objeto de venderlo en el mercado debe ser refinado para llegar a la calidad del glicerol técnico o, con una posterior destilación, a la del glicerol medicinal(19).

Proceso de producción

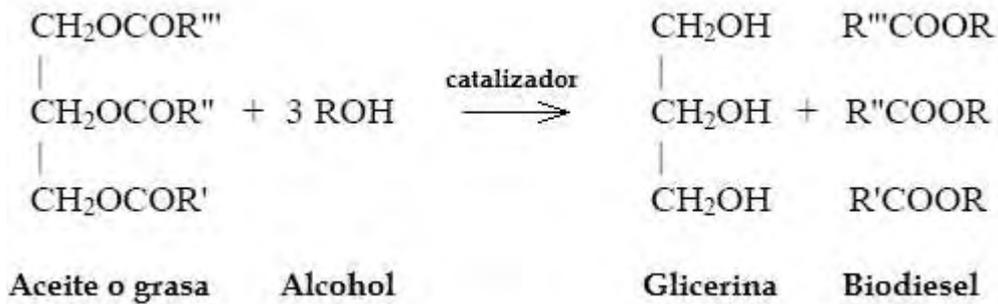
Hay tres maneras de producir biodiesel a partir de aceites y grasas (11):

- Transesterificación del aceite catalizada por bases.
- Transesterificación del aceite catalizada por ácidos.
- Descomposición del aceite en sus ácidos grasos, y luego, obtención del biodiesel.

La mayoría del biodiesel se produce con la reacción catalizada por bases, por varias razones(11):

- Se utilizan presiones y temperaturas bajas.
- Tiene un alto porcentaje de conversión (98%), las reacciones secundarias son mínimas y el tiempo de reacción es muy corto.
- Es una conversión directa del aceite o grasa a biodiesel sin formación de compuestos intermedios.
- No se necesitan materiales de construcción especiales.

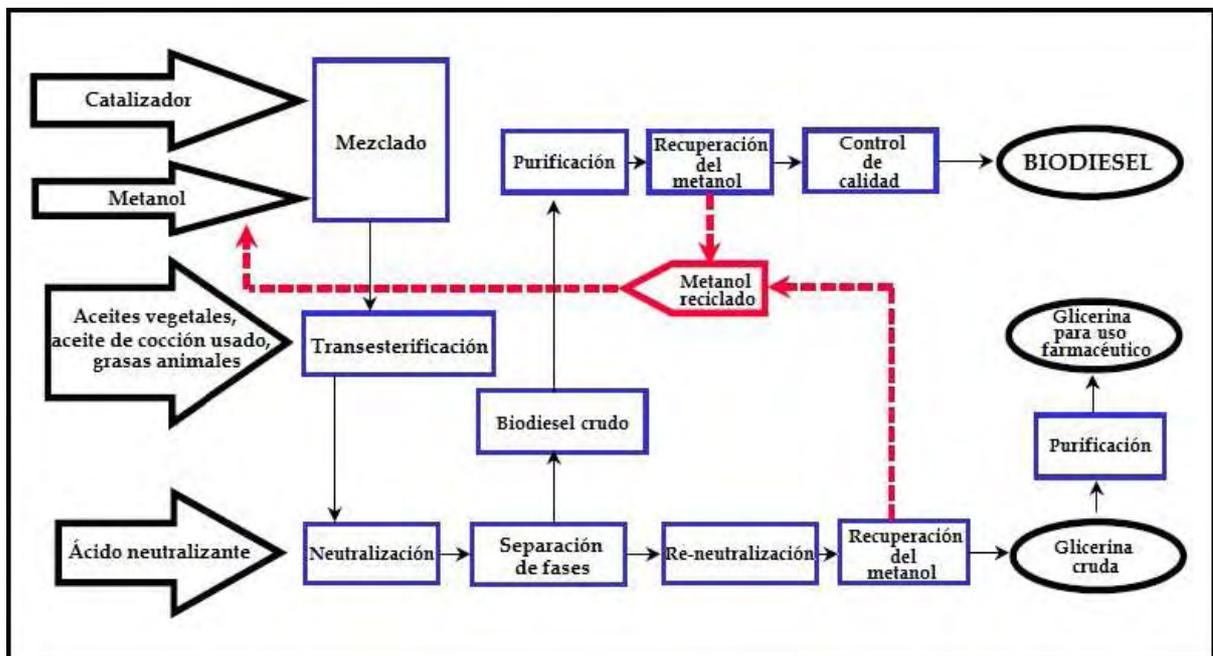
La reacción química para la producción de biodiesel catalizada por bases es la siguiente(11):



Cien Kg. de grasa o aceite reaccionan con 10 Kg. de un alcohol de cadena corta (metanol o etanol), en presencia de un catalizador (KOH o NaOH), para producir 10 Kg. de glicerina y 100 Kg. de biodiesel. El alcohol se agrega en exceso para aumentar la velocidad de reacción. El catalizador es previamente mezclado con el alcohol. R', R'', y R''' indican las cadenas de ácidos grasos que componen el aceite o grasa (11).

Comprendiendo el esquema brindado por el autor podremos entender de raíz el proceso de elaboración del biodiesel, como surge el subproducto y que contaminantes puede acarrear el mismo como es el caso del metanol utilizado.

Esquema del proceso de producción de biodiesel(11):



Se observan en el gráfico los distintos pasos a seguir y en cual de ellos surge la glicerina y la existencia de purificación de la misma.

La producción de Biodiesel mediante catálisis básica consiste en los siguientes pasos:

- Mezclado de alcohol y catalizador: los catalizadores más utilizados son hidróxido de sodio o hidróxido de potasio. La base se disuelve en metanol usando un agitador o mezclador.
- Reacción. La mezcla alcohol / catalizador se carga en un reactor cerrado, y se agrega el aceite o grasa.

Desde este momento el sistema permanece cerrado para evitar la pérdida de alcohol. La mezcla se mantiene a una temperatura apenas superior al punto de ebullición del metanol (alrededor de 70°C) para acelerar la reacción. El tiempo de reacción varía de 1 a 8 horas. Se usa un exceso de alcohol para asegurar la total conversión del aceite o grasa en sus ésteres(11).

Se debe controlar la cantidad de agua y ácidos grasos libres en el aceite o grasa utilizado. Si las cantidades de ácidos grasos libres o de agua son muy elevada se pueden producir dos problemas: formación de jabones y dificultades en la separación de la glicerina en la etapa siguiente(11).

- Separación. Una vez terminada la reacción, se obtienen dos productos principales: glicerina y biodiesel. La glicerina es mucho más densa que el biodiesel, por lo tanto las dos fases se separan por acción de la gravedad. Para acelerar la velocidad de separación se usan centrifugas. Si es necesario, la mezcla de reacción se neutraliza. Ambas fases contienen una cantidad importante de metanol, la cual es recuperada para poder ser usada nuevamente.

Es en esta etapa donde surge, como subproducto, el glicerol .

- Eliminación del alcohol de ambas fases y posterior recuperación. Una vez que la glicerina fue separada del biodiesel, el exceso de alcohol de cada fase es eliminado por evaporación rápida o por destilación. En otros sistemas, los procesos de eliminación del alcohol y de neutralización se realizan antes que la glicerina y el biodiesel se hayan separado en dos fases. En ambos casos el alcohol eliminado es recuperado y reutilizado. Hay que asegurarse que el alcohol recuperado no contenga agua(11).

Cabe destacar que esta fase es clave ya que aquí es donde se saca la mayor parte de alcohol y esto se hace para reutilizarlo evitando la presencia en altas cantidades en la glicerina.

- Neutralización de la glicerina. La glicerina obtenida contiene restos del catalizador sin usar y jabones, los cuales son neutralizados con ácido. Esta glicerina se almacena como glicerina cruda. En algunos casos las sales formadas se separan de la glicerina y se utilizan como fertilizantes. El agua y el alcohol se eliminan, obteniéndose así glicerina al 80-88%, la cual se vende como glicerina cruda. Usando procesos más sofisticados se puede obtener glicerina con un grado de pureza de 99% o superior, la cual es vendida a la industria farmacéutica o cosmética.

En este punto el autor señala los diferentes grados de pureza que podemos encontrar, el de baja pureza(80-88%) que da origen a la glicerina cruda. Esta se puede utilizar para alimentación animal y además es la mas económica. Por el otro lado se encuentra la glicerina de alta pureza(99%) que se utiliza habitualmente para la industria, es mas costosa pero también se puede utilizar en alimentación animal.

- Lavado del Biodiesel. Una vez separado de la glicerina, el biodiesel es purificado mediante un lavado cuidadoso con agua tibia para eliminar restos de catalizador y jabones, luego secado, y almacenado. En algunos procesos este paso es innecesario. Normalmente este es el fin del proceso de producción, obteniendo como producto un líquido claro, de color amarillo-ámbar con una viscosidad similar al gasoil. Algunos procesos incluyen una destilación adicional, para eliminar pequeñas cantidades de sustancias coloreadas, logrando un producto incoloro(11).

Los aspectos más importantes a tener en cuenta en la producción del biodiesel, para asegurar un correcto desempeño en el motor Diesel son(11):

- Reacción de transesterificación completa.
- Eliminación de la glicerina.
- Eliminación del catalizador.
- Eliminación del alcohol.
- Ausencia de ácidos grasos libres en el producto final.

Analizando el proceso descrito podemos afirmar que: en la elaboración de los biocombustibles se originan subproductos factibles de ser aprovechados para alimentación animal.

Si tenemos en cuenta el destino del subproducto mas importante, la glicerina, veremos que parece que no se encuentra un destino cierto para este. Por ahora, una parte lo compran las industrias cosmética, alimentaria y de fabricación de explosivos, con valores de U\$S 0,10 de promedio, pero que podría caer debajo de U\$S 0.05 centavos por kilogramo según aumente la producción de biodiesel (17).

Otra parte muy importante pero no dimensionada, es desechada (17).

Cuando la fabricación de biodiesel crezca, la cantidad de glicerol desechado va a representar una amenaza ambiental para ríos, arroyos y otros cuerpos de agua (17).

Otro subproducto a tener en cuenta es aquel que se genera en la fase de obtención de aceites, se trata de pellets o expellers de soja que se produce en grande volúmenes de la misma manera que la tradicional industria aceitera.

La Soja, tiene una baja eficiencia en la obtención de aceites (18% en promedio, en los sistemas de extracción por solvente y algo menos, en los sistemas por prensado), por lo que genera altos volúmenes de pellets o expellers(23).

Si no se planifica bien su colocación podría ser una limitante para la expansión de nuevas industrias agroenergéticas (23). Estudios realizados demuestran que la producción de pellets y expellers de soja , en la fabricación de aceites para consumo humano o el biodiesel superan las demandas de los bovinos en producción de la Argentina (23).

Entonces, la agricultura mediante la industrialización de su productos nos brinda una herramienta para logra los objetivos nutricionales de los bovinos y esta herramienta es la glicerina la cual no deberíamos dejar de tenerla en cuenta para alimentar a nuestros animales. Así como no dejar pasar por alto la gran producción de pellets y expellers de soja.

Para hacer un aporte adicional, sin que este forme parte de los objetivos de este trabajo podemos informar, brevemente sobre otro biocombustible, el etanol.

La materia prima principal de esta industria es el maíz y los subproductos del etanol son los granos secos de destilería los cuales constituyen una fuente de proteína para alimentación animal.

Propiedades nutricionales del glicerol, forma de presentación, límite de inclusión y consumo por parte de los bovinos para saber si es factible su uso.

Antes de entrar de lleno en la descripción del glicerol derivado de la industria del biodiesel describiremos su comportamiento fisiológico.

Las fuentes tradicionales del glicerol en la dieta de los rumiantes provienen de los lípidos contenidos en los forrajes y en los granos, más precisamente de los glicerolípidos, formados por la esterificación del glicerol con ácidos grasos.

Los glicerolípidos se dividen en dos grandes grupos: los triacilglicéridos (comúnmente llamados triglicéridos), compuestos por una molécula de glicerol y tres moléculas de ácidos grasos y los fosfoglicéridos o fosfolípidos, compuestos por una molécula de glicerol, dos moléculas de ácidos grasos, una molécula de ácido fosfórico y una de alcohol aminado.

Los ácidos grasos que componen estas macromoléculas y forman parte de la dieta habitual son en alta proporción insaturados y de cadena larga, lo que brinda un alto punto de fusión razón por la cual se encuentran en estado líquido a temperatura ambiente (por ejemplo aceites comestibles extraídos de semillas de soja girasol o maíz entre otros)

En los forrajes estos se encuentran como parte de las membranas de las células vegetales ricas en fosfolípidos, en los granos se encuentran importantes cantidades de triacilglicéridos, las hojas de los forrajes verdes son ricas en galactolípidos. (27,28)

En los sistemas pastoriles de producción (los cuales representan la mayoría, en nuestro país) los rumiantes se alimentan básicamente de forrajes verdes, cuyo contenido en lípidos es, en promedio de un 4 -6 %. A medida que la producción se va intensificando los granos aumentan su proporción en la dieta y estos contienen un porcentaje de lípidos bastante mayor, cuyo valor se encuentra entre 15 a 20 %.

A diferencia de lo que sucede en los monogástricos, en los preestómagos de los rumiantes, los lípidos van a ser profundamente transformados. Esto trae como consecuencia que la composición de las grasas de depósito permanezca relativamente constante a pesar de la variación cualitativa de los lípidos de la dieta. En contrapartida, los monogástricos como el cerdo, reflejan la composición química de los lípidos del alimento en la grasa de depósito, debido a que estos no sufren mayores transformaciones a lo largo de su digestión (28).

La digestión ruminal de los lípidos esta dividida en dos etapas :hidrólisis y biohidrogenación.

Casi la totalidad de los lípidos(el 95%) al ingresar al compartimiento ruminal sufrirá la hidrólisis llevada a cavo por enzimas(hidrolasas)bacterianas.

La hidrólisis lipídica se puede decir que es completa debido a que la misma da como resultado ácidos grasos libres ,glicerol(como producto de la hidrólisis de triacil glicéridos),galactosa(proveniente de galactolípidos) y alcoholes aminados (provenientes de los fosfolípidos).

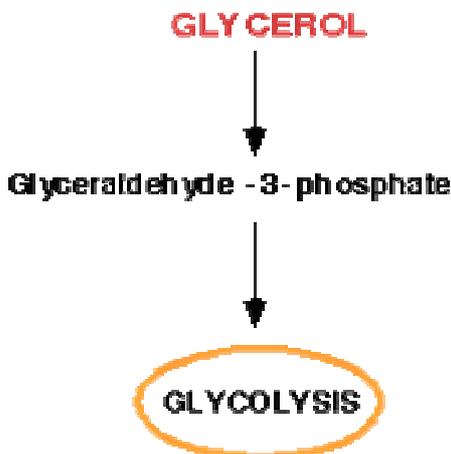
El glicerol(también producto de la hidrólisis lipídica) será transformado por las bacterias en acido propiónico, la galactosa en acido acético y ácido butírico ,y los alcoholes aminados son metabolizados hasta amoníaco y ácidos grasos volátiles .

Los ácidos grasos libres van sufrir una biohidrogenación importante

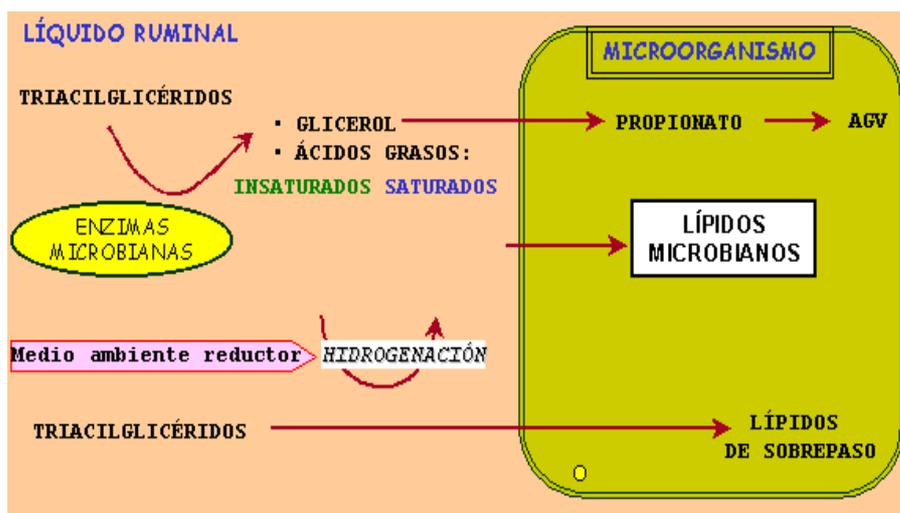
La biohidrogenación transforma los ácidos grasos insaturados en saturados y en transisómeros de ácidos grasos monoinsaturados.

El glicerol ingresa, previa fosforilación(con gasto energético) a la vía glucolítica de la célula bacteriana y es transformado a ácido propiónico. El principal destino metabólico, en el rumiante, del ácido propiónico es la gluconeogénesis(27,28)

El esquema muestra como ingresa el glicerol a la glucólisis (25) :



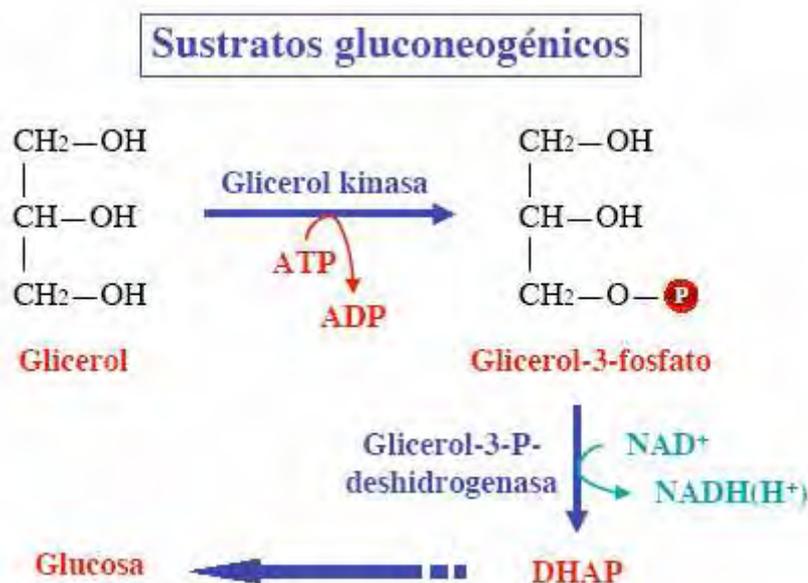
El siguiente esquema resume lo ocurrido en el rúmen (6):



Cuando existe un exceso de glicerol este puede ser absorbido tanto por la mucosa ruminal como por la intestinal proporcionando fuente gluconeogénica directa para el rumiante al igual que lo ocurrido con el glicerol endógeno producto de la lipólisis de las grasas de depósito.

El glicerol ingresa a la vía de la neoglucogenesis previa transformación en gliceroltrifosfato catalizada por la enzima gliceroquinasa (27,28).

El siguiente esquema sintetiza la neoglucogénesis a partir de glicero(29):



Proporcionar sustratos gluconeogénicos constituye una ventaja, en especial en vacas de alta producción, ya que disminuye la probabilidad de contraer cetosis. Esto ocurre debido a que reduce la formación de cuerpos cetónicos.

El glicerol posee las siguientes propiedades propiedades: (5)

- Es un hidrato de carbono de fácil absorción.
- Antiséptico, esta propiedad permite higienizar los piensos mediante el uso del glicerol.
- Alto grado de palatabilidad debido a su sabor dulce.
- Posee ciertas propiedades aglomerantes debido a su poder higroscópico.

Estas características indican que el glicerol puede ser utilizado en la dieta de los rumiantes Posee capacidad de ser absorbido, tanto por la mucosa ruminal como la intestinal en caso de excesos en la dieta, aunque la mayoría será fermentada a ácido. Otras características a tener en cuenta, para poder incluir el glicerol en la dieta, es que no afecta el consumo, la degradación ruminal de nutrientes ni la digestibilidad. Siempre y cuando se use hasta un 10% independientemente del grado de pureza(12). Existen estudios que probaron que la digestibilidad de la materia orgánica y de la pared celular(fibra detergente neutro) fueron similares entre dietas con almidón y con un 15% de reemplazo de este(12).

Existe un moderado descenso del pH postprandial cuando se administra el glicerol, que es mas pronunciado que el que se observa con almidón(12). Una advertencia a tener en cuenta para prevenir la acidosis.

Existe un cambio hacia una menor relación acético/propiónico cuando se reemplaza parte almidón por un 15% de glicerol (12).

Una ventaja adicional, brindada por el poder antiséptico del glicerol, es que amplía el margen de seguridad higiénica de los alimentos. Evitando o retrasando la contaminación y putrefacción de los piensos tanto en el almacenaje como en el comedero de los animales. El uso del glicerol en la formación de pellets, mejora su calidad, en especial la calidad higiénica(12).

Es importante que sea aceptado por el ganado para estar seguros de que sea consumido en las cantidades necesarias, podemos inferir que se produce tal aceptación, por el alto grado de palatabilidad que le otorga su dulce sabor. Una

ventaja adicional es que facilita el aglomerado de alimentos cuando es necesario mezclarlos gracias a su poder higroscópico.

Además de las características nombradas cabe destacar el valor energético que posee que es del orden de 4,316 Mcal por kilogramos de materia seca, teniendo en cuenta la energía bruta. Si nos referimos a la energía metabolizable esta es de 3,346 Mcal por kilogramos de materia seca(5). Estos datos junto con el bajo contenido en fibra nos indican que puede ser clasificado como un concentrado energético para dieta de los rumiantes.

Estudios de digestibilidad realizados in vivo demuestran que la energía neta de lactación varía cuando este se acompaña de mayores o menores proporciones de concentrados de almidón, entre 1,98 y 2,27 Mcal por Kg. de glicerol respectivamente (12). Esto quiere decir que si se utilizan como concentrados energéticos almidón y glicerol será mas eficiente el glicerol a mayores concentraciones siempre que no superen el 20% (12). Esto debe tenerse en cuenta a la hora de formular una dieta, concluyendo que se debe utilizar el máximo posible (20%) para optimizar los beneficios de su implementación.

En el rúmen el glicerol va a sufrir una rápida fermentación por parte de las bacterias ruminales obteniéndose ácido propiónico como producto final, cabe destacar que el ácido propiónico es aprovechado por el rumiante para la síntesis de glucosa en el hígado. Existe una proporción que es absorbida directamente como glicerol el cual también es gluconeogénico.

La adición de glicerol a la dieta no provoca alteraciones en el consumo, incluso puede llegar a ser estimulado en dietas con 10% de glicerol, se cree que esto es debido a su dulce sabor.

El color de la glicerina puede variar cuando varía la materia prima de origen esto no se relaciona con el grado de pureza ,el cual ronda el 85% cuando proviene de la industria del biodiesel.

Variaciones del color de la glicerina proveniente de distintas fuentes:



(10)

Es necesario conocer el grado de pureza del glicerol ya que se pueden llegar a encontrar sustancias indeseables que afecten la fisiología ruminal y el consumo. Conociendo todos los componentes de este subproducto podremos formular la dieta con seguridad y conocer los límites de su inclusión.

El glicerol derivado de la industria del biodiesel posee distintos grados de pureza (9).el glicerol para consumo animal posee un 80% de pureza y el destinado a la industria posee un 99% de pureza (13).

Los distintos grados de pureza no afectan los valores de energía neta de lactación obtenidos en base materia seca (12)

El contenido de agua varia de 1 a 26,8 %(9),debemos tener en cuenta este valor tanto para su transporte como efecto limitante del consumo.

Los valores de extracto etéreo se encuentran entre 0,44 y 0,71% de materia seca(12)

Se han observado variaciones en el contenido del metanol en materia seca, el cual es utilizado en la elaboración del biodiesel, oscilan entre 1,3 y 26,7% (9). Cabe destacar que el metanol es tóxico, pero es metabolizado por bacterias ruminales(9) y transformado a metano(13). Por lo tanto este dato es relevante si el glicerol se utiliza en terneros cuando estos todavía actúan como monogástricos.

El glicerol derivado de la industria del biodiesel contiene sal en su composición, con máximos valores de 11,3%(9). Las sales nombradas están constituidas por potasio, sodio y fósforo (9). El potasio oscila entre 2,2 y 2,3 % en materia seca y el de fósforo entre 1,02 y 2,36%(9). El sodio se encuentra en muy bajos porcentajes entre 0,09 y 0,11%(12).

Es importante conocer la cantidad de sal y su composición para saber el grado de toxicidad y también como limitante del consumo.

Variación de los distintos componentes del glicerol derivado de la industria del biodiesel.

%de agua	%de metanol	%de sales
1-26,8%	1,3_26,7%	Hasta 11,3%

Variación en el contenido de sales del glicerol derivado de la industria del biodiesel (en base materia seca).

sodio	potasio	fósforo
0,09-0,11%	2,2-2,3%	1,05-3,6%

Estas variaciones mencionadas no representan una causa por la cual deberíamos restringir al glicerol en la dieta. Existen otros factores que si provocan un límite en la inclusión del mismo en la ración , uno de ellos esta relacionado con el efecto que ejerce el glicerol en la composición de la dieta(20). Esto quiere decir que a niveles superiores al 10% puede afectar negativamente la calidad del alimento cuando su forma de presentación es el pellet. Cuando se administra en los comederos, posee efectos benéficos por sus propiedades ya nombradas en especial su poder aglomerante, ya que evita la selección de los alimentos por parte del ganado. Por ello se puede incluir en este tipo de presentación hasta un 20 % de glicerol.

Otro factor limitante está en relación con los otros componentes de la dieta, como ya sabemos, por lo antes explicado el glicerol es líquido y para ser suministrado con otros ingredientes debe ser adsorbido por los mismos y la adsorbancia varía en los distintos componentes (20) Por ejemplo tenemos al maíz pelado entero con un baja adsorbancia (20) y a la cáscara de algodón con una elevada adsorbancia.

La última limitante para la inclusión de glicerol en la dieta esta relacionada con la capacidad animal y microbiana de fosforilación del glicerol, paso necesario para entrar en la vía gluconeogénica y glucolítica respectivamente y poder ser utilizado como fuente energética cuando ingresan al organismo grandes cantidades la capacidad enzimática de fosforilación se ve superada(20) .

Los resultados obtenidos con la investigación sobre el glicerol bruto han hecho que se limite su inclusión en la dieta a un máximo de un 20% debido a los efectos en la composición de la dieta, la adsorbancia del glicerol en otros ingredientes de la dieta, o a la capacidad de fosforilación de la especie animal sobre la que se ha estudiado (20).

El glicerol permanece estable durante al menos un año, esto nos permite almacenarlo durante ese tiempo y así poder disponer de la cantidad para todo el año desde el principio del mismo si así fuera necesario (14).

Sugerencias para el manejo de la glicerina.

Ya que, como describimos anteriormente, la glicerina es líquida deberá almacenarse en tanques. Estos se colocaran a cierta altura para favorecer su distribución. La cual se hará mediante mangueras plásticas de diámetro considerable dada la elevada viscosidad. Previo a su distribución en los comederos deberá mezclarse en un mixer con los otros ingredientes de la dieta en una proporción de 20% de la materia seca. Deberán hacerse controles periódicos de la calidad de la glicerina. Estos controles deberán incluir, la pureza, % de agua % de alcohol, % de sales.

Conocer los resultados de experiencias de alimentación con el residuo del biodiesel

Hay quienes piensan que el glicerol podría reemplazar al maíz para vacas lecheras en la mitad de su lactancia. (3). Es tentadora la idea de reemplazar al maíz de la dieta de los rumiantes, ya que su precio se encuentra en alza debido a la creciente industria del etanol, otro biocombustible cuya fuente principal es el maíz. Se sugiere el reemplazo de maíz por glicerol porque ambos ingredientes poseen similar contenido energético por lo tanto podrían utilizarse como base energética en un sistema con suplementación.

Hasta la actualidad se han utilizado variantes del glicerol como el propilenglicol en vacas lecheras en transición. “Nuestra investigación sugiere que uno podría quitar todo el maíz de la ración y sustituirlo con glicerol”, plantea el nutricionista lechero Shawn Donkin, de la Universidad de Purdue (3). Esta afirmación realizada por el autor no puede tomarse en cuenta en un 100% debido a que los límites de inclusión del glicerol en la dieta todavía no están claramente establecidos.

Una noticia alentadora es que el glicerol de calidad de consumo animal actualmente cuesta un décimo del glicerol de calidad alimento de consumo humano, 6,88 centavos el Kg. versus 68,88 centavos. Además, actualmente su precio es un quinto del precio de maíz. (3)

Se presentan ciertas preocupaciones potenciales de toxicidad, porque el glicerol de calidad de consumo animal contiene ciertas cantidades de metanol. Dicho alcohol puede ser tóxico, aunque las bacterias ruminales pueden detoxificarlo (3).

Se han realizado diversos estudios entre ellos el del nutricionista Shawn Donkin quien incluyo diferentes niveles de glicerol en la dieta desde 5 hasta el 15% de materia seca de la ración a vacas lecheras alrededor de los 120 días de lactancia(3). Las vacas en la prueba, a pesar del nivel de glicerol, dieron un promedio de 36 litros de leche por vaca por día. No hubo diferencias en los componentes de leche(3). El consumo de alimento tampoco cambió en su totalidad, aunque las vacas alimentadas con 15% de glicerol comieron menos alimento los primeros 7 a 10 días de la prueba, al acostumbrarse al glicerol comieron igual que las otras vacas de la prueba(3).

Estos estudios comprueban que se puede administrar glicerol a vacas en lactancia, fuera del periodo de transición (como se procedía exclusivamente hasta el momento) sin que por esto afecte el consumo, las características composicionales de la leche ni la cantidad de leche producida.

El glicerol es un líquido similar en viscosidad a la melaza, a pesar de ello Donkin manifiesta que, *“no tuvimos problemas con el flujo, el atascar máquinas o dejar capa en las aspas de la mezcladora”* (3). Debido a su viscosidad se debe mantener a una temperatura arriba de 13,33°C para asegurar que fluya en invierno(3). Los datos que arroja el autor sobre el manejo de la glicerina en la alimentación, indican que ésta no acarrea problemas al adaptarse al uso cotidiano de los componentes de la dieta que actualmente son utilizados en establecimientos de cierto nivel tecnológico, es decir aquellos que utilizan el mixer o mezcladora.

El glicerol también se adhiere a las partículas fibrosas de heno (alfalfa), henolaje y ensilaje de maíz(3). El autor nos previene a la hora de utilizar la glicerina en el mixer cuando , a su vez colocamos en el mismo ingredientes fibrosos como los mencionados, ya que la glicerina se adhiere a estos. Es factible pensar que este no debería considerarse un problema, sino mas bien, una advertencia, debido a que si las partículas pertenecientes a los alimentos fibrosos se encuentran en una adecuada distribución, también lo estarán las partículas de glicerina adheridas a estos.

En cuanto a su valor nutritivo, el glicerol tiene mucho menos variación que granos secos de destiladores(3) estos provienen de la elaboración de etanol, otro biocombustible pero con diferentes propiedades nutricionales, ya que son fuente proteica mas que energética como lo es el glicerol es importante conocer que existen variaciones en el grado de pureza del glicerol dependiendo si este sufrió o no

purificación como se menciono anteriormente los grados de pureza del glicerol varían entre 80 y 99 % . Glicerol de calidad de consumo animal tendrá unas impurezas, pero frecuentemente son aceites residuales. *“Y como no contiene agua, no está uno pagando el transporte de agua.”* (3) La sentencia del autor no es del todo cierta ya que podemos encontrar variaciones en la cantidad de agua aunque estas nos son de gran magnitud como ya se ha expuesto el contenido acuoso del glicerol varía de 1 a 26,8%

Donkin ofrece una palabra final de precaución: “Esto fue un experimento a corto plazo. Así que no sabemos si habrán efectos a la salud de las vacas al largo plazo.”(3)

Científicos de la Universidad de Missouri (EEUU), están analizado la posibilidad de utilizar la glicerina como ingrediente en la alimentación del ganado, con el fin de que resulte más barata. En el estudio, un conjunto de vacas se separaron en grupos, cada uno de los cuales consumía una cantidad diaria diferente de glicerina: 0, 5, 10 y 20 %. El estudio también quiere analizar la cantidad máxima que se puede adicionar de glicerina.

Por un lado, porque se trata de un producto líquido y su adición no tendría que modificar la característica de la dieta.

Por otro, porque habría que determinar la cantidad máxima que el animal puede metabolizar. Cuando el animal consume glicerina, ésta se absorbe y es utilizada en la producción de glucosa, que sería como adicionar azúcar a la dieta.

El precio de la glicerina es aproximadamente la mitad que la del maíz, por lo que sería una alternativa muy atractiva. No obstante, los científicos piensan que hasta dentro de 3- 5 años no se podría pensar en utilizarse. (1)

El Glicerol puede aliviar los síntomas de la cetosis suministrada en forma oral. La adición de glicerol a la dieta eliminaría la necesidad de restringir la alimentación de vacas por ofrecer un sustrato glucogénico, aliviar el hígado graso, el complejo cetosis, y mejorar el rendimiento de la lactancia. (2)

Se ha comprobado que si se alimentan vacas en lactancia con glicerina seca hasta un 65% no se ven afectados parámetros tales como consumo, producción de leche y su composición, metabolitos e insulina en sangre (4). Las vacas alimentadas con glicerina han experimentado una mejora en la disponibilidad energética evidenciadas

por mayores concentraciones de glucosa en plasma, menores concentraciones de betahidroxibutirato en suero y menores cantidades de cuerpos cetónicos en orina. (4). Se han realizado experiencias alimentando a vacas lecheras con 13,4kg de materia seca, en promedio de los cuales 1,1 Kg. estaba compuesta por glicerol y 1,4 de almidón. Esta dieta fue comparada con una que contenía 2,1Kgr. de almidón sin encontrarse diferencias entre ambas dietas en la degradabilidad de la materia orgánica(12).

Conclusión:

La industria del biodiesel genera subproductos que pueden ser utilizados por los rumiantes. Estos subproductos son: los pellets o expellers de soja y la glicerina (glicerol). Los pellets y expellers de soja son bien conocidos debido a que son los mismos que se producen en la elaboración de aceites comestibles, se sabe que se pueden utilizar en el ganado bovino y que poseen alto contenido proteico, por otro lado, se produce glicerina, un subproducto muy poco usado hasta el momento.

La glicerina se produce luego de un proceso químico llamado transesterificación que consiste en separar los ácidos grasos de los triglicéridos provenientes de los lípidos de los aceites vegetales para esterificarlos nuevamente a un alcohol llamado metanol. La glicerina no es utilizada en la industria por lo tanto constituye un desecho que se produce en grandes cantidades, cada 100 Kg. elaborados se generan 10 kg. de glicerina, esta sustancia puede ser utilizada para formar parte de las dietas de los rumiantes debido a que no genera alteraciones en la fisiología de estos.

La glicerina contiene alto contenido de energía metabolizable, de orden de 4,316 Megacalorías por Kg. de materia seca, comparable a los valores energéticos del maíz

Distintas investigaciones demuestran que posee una energía neta de lactación que varía entre 1,98 y 2,27 Megacalorías por Kg. de materia seca de glicerina.

Por lo tanto puede ser utilizado como fuente energética para la dieta de los rumiantes.

Para su uso debe tenerse en cuenta que existen limitantes dadas por la capacidad de las bacterias, así como del rumiante para asimilarlo. Otro límite de uso depende de la forma de presentación de los alimentos, ya que en exceso empeora la calidad

de los pelletes. Por ultimo que al mezclarse con otros ingredientes es necesario que sea adsorbido por estos, el grado de absorción varia con las distintas mezclas.

La pureza del glicerol depende de los procesos que sufra. Estos procesos lo realiza la industria para darle valor agregado y recuperar mayor cantidad de metanol. La purificación genera la llamada glicerina pura que posee 90 a 99 % en relación con la glicerina cruda, la que no ha sido purificada que tiene una pureza del de 80 a 88%. Ambas pueden ser utilizadas en alimentación de los rumiantes.

Dependiendo de el grado de pureza antes mencionado encontraremos en el subproducto variables cantidades de metanol entre 1,3 a 26,7%. El metanol es un alcohol tóxico en monogástricos generando problemas renales y cegueras, pero las bacterias ruminales de los poligástricos pueden detoxificarlo en las cantidades mencionadas lo cual implica que su contenido no es una limitante para su consumo pero si lo es en los terneros prerumiantes.

El contenido de sales no representa limitantes ya que no se encuentran en grandes cantidades.

El contenido de agua varía pero siempre por debajo del 27% el cual si se compara con otros ingredientes utilizados en la formulación de dietas, representa un valor bajo brindando ventajas para la para el transporte y además, en estas cantidades, no representa una limitante del consumo.

Por todo lo mencionado anteriormente, podemos decir que puede ser utilizado en suplementación animal como fuente energética hasta un 20%.

Las ventajas de su uso radica en el bajo precio que posee la glicerina si se lo compara con el maíz ambos con similares contenidos de energía metabolizable.

Otras ventajas de su aplicación es que la glicerina es precursor de la síntesis de glucosa cuando es absorbida por el rumiante y también cuando es fermentada por las bacterias ruminales ya que el resultado de la misma es el acido propiónico cuyo principal destino metabólico es la gluconeogénesis. Proveer de fuentes de glucosa al rumiante ayuda a prevenir la cetosis, enfermedad que comúnmente aparece en vacas de alta producción.

Debido a que la glicerina es líquida, para su manejo debe colocarse en tanques que estén a cierta altura y ser vehiculizado por medio de mangueras con un considerable diámetro ya que la glicerina es de elevada viscosidad y podría dificultar transporte cuando se usan mangueras de bajo calibre.

Puede mezclarse en el mixer sin problemas ya que no genera atascamiento del mismo.

Si se desea prever su uso por un tiempo prolongado o se encuentra un buen precio se pueden comprar cantidades suficientes para un año ya que durante ese tiempo es capaz de mantenerse sin sufrir alteraciones.

Aunque lo antedicho genera expectativas para implementarlo, todavía falta llevarlo a la práctica ya que su uso hasta el momento es experimental y es difícil conseguir glicerina en el mercado.

En mi opinión es solo cuestión de tiempo.

Referencias:

1-Portal Veterinaria /Glicerina como alimento para el ganado vacuno

URL:<http://www.portalveterinaria.com/news2423.html>. [Consulta: 15/03/08].

2 De Frain ,J.M.; Hippen ,A.R.; Kalscheur, K. F.;Jardon,P. W./Feeding Glycerol to Transition Dairy Cows: Effects on Blood Metabolites and Lactation Performance en Journal of Dairy Sci.2004 Dec;87(12):4195.

3: Jim Dickrell -Dairy to day “el glicerol puede sustituir al maíz en dietas a mitad de lactancia 7/25/2007 <http://www.agweb.com/DairyToday/Article.aspx?id=137167> [Consulta: 10/4/08]

4: Chung YH, Rico DE, Martinez CM, Cassidy TW, Noirot V, Ames A, Varga GA. / Effects of feeding dry glycerin to early postpartum Holstein dairy cows on lactational performance and metabolic profiles. En: Journal of Dairy Science. 2007 Dec;90(12):5682-91.

5 Mateos Gonzalo/ Repercusiones de Producción de Biocarburantes en la Alimentación de Monogástricos en: Jornada Sobre Biocombustibles y Alimentación Animal, enero 2007, Madrid, España .

6 Producción Bovina de Carne/ Introducción a la Digestión Ruminal URL: http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/79-introduccion_a_la_digestion_ruminal.htm[Consulta:12/04/08]

7 Blanco, A./Metabolismo de los Hidratos de carbono en: Libro de Química Biológica,séptima edición, año 2000.

8 Collage of Food,Agricultural And Environmental Sciences the Ohio State University Columbus Ohio USA- Impacto al Alimentar con Dietas con Glicerol con Diferentes Cantidades de Hidratos de Carbono no Estructurales. URL: [.http://www.dieselloverde.com/docs/OSU_espanol.pdf](http://www.dieselloverde.com/docs/OSU_espanol.pdf) [consulta: 4/4/08]

9 Drackley , J. /Glycerin As A Potential Feed Ingredient For Dairy Cattle En Illini Dairy Net., University of Illionois Extension URL:

<http://www.livestocktrail.uiuc.edu/uploads/dairynet/papers/2007%20dd%20Glycerin%20Epdf>[Consulta:29/03/08].

10- Perry, A./Enriqueciendo el pienso con subproductos del biodiesel .Unitet States Departament of Agriculture URL:

<http://www.ars.usda.gov/is/espanol/pr/2007/070920.es.htm> [consulta: 4/4/08].

11 Mendizábal, G. ; Der Ohannesian, M./ Biodiesel. Trabajo de Maestría en Tecnología de Alimentos en la Universidad Católica de Córdoba .

12 Schröder, A.; Südekum, K. /Glycerol as a by-product of biodiesel production in Diets for ruminants. En: 10ºRapeseed Cogress, 1999, Canberra,

Australia.URL:<http://www.regional.org.au/au/gcirc/1/241.htm> [consulta: 4/4/08]

13 Bach, A./Repercusiones del Incremento de la Producción de Biocarburantes en la Alimentación de Rumiantes En Jornadas sobre Biocombustibles y Alimentación Animal, enero 20007, Madrid, España.

14 Tecnología y vitaminas Nutrición animal /"la glicerina"URL:<http://www.tecnovit.net/>.[Consulta: 30/03/08].

15 Sociedad rural de Rio Cuarto/ La Ganadería Argentina se Debate entre Reducir los Stocks o Liquidarlos URL:

http://www.sruralrc.org.ar/index.php?option=com_content&task=view&id=299&Itemid=1[Consulta:22/03/08]

16 Rearte, D./El futuro de la Ganadería Argentina: En :Producción bovina de carne. URL:

http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/origenes_evolucion_y_estadisticas_de_la_ganaderia/17-futuro_ganaderia_argentina.htm[Consulta:25/03/08].

17 Scaletta, C./ "Futuro venturoso color biodiesel" Suplemento Cash, Diario Página 12, 29/7/07.

19 Oil fox/ Esquema de la Planta de Biodiesel. URL:
<http://www.oilfox.com.ar/principal.htm> [Consulta:4/04/08]

20 Kerley, M./Alimentación del Ganado con Glicerol sin Procesar. En: Revista Albéitar Septiembre 07 Pag.: 58-61, Vol.:108

21 Schvarzer, J.; Tavošnanska, A."Expansión de la Industria Naciente y Posibilidades para la Argentina" CESPAC centro de estudios de la situación y perspectivas argentinas" Universidad de Buenos Aires Facultad de Ciencias Económicas.

23 Giunta, R./ Estimación del Potencial Consumo de Pellets de soja Para Alimentación Animal en Santa Fe y el País . Ministerio de la Producción de la Provincia de Santa Fe Secretaría de Agricultura, Ganadería y Recursos Naturales Dirección General de Programación y Coordinación Económica Financiera, año 2007.

24. Elam , N.A; Eng , K.S.; Bechtel, B.; Harris, J.M.; Crocker, R. / Glycerol from Biodiesel Production: Considerations for feedlot diets.
<http://animal.cals.arizona.edu/swnmc/2008/08proceedings/05%20Elam%20Glycerol%20from%20Biodiesel%20Production%20Considerations%20for%20feedlot.pdf>
[Consulta : 10/4/08].

25.Dicipline of Orthopics The University of Sidney/metabolism of fats URL:
<http://www3.fhs.usyd.edu.au/bio/metabolism/fats.html>[Consulta : 12/04/08].

26. Secretaria de agricultura, ganadería, pesca y alimentos / Evolución Molienda de oleaginosas mensual. URL: <http://www.sagpya.me13/0con.gov.ar> [Consulta : 13/04/08].

27. Cirio, A. ; Tebot, I. /Digestión y Absorción de Lípidos en el Rumiante y La Neoglucogénesis en el Rumiante en: Fisiología Metabólica de los Rumiantes, Departamento de Fisiología, Facultad de Veterinaria, Montevideo, Uruguay, año 96.

28. Universidad de Salamanca /Gluconeogénesis. URL:
<http://www.usal.es/~glutathione/gluconeogenesis.pdf>. [Consulta:11/04/08]