

**EFICIENCIA DEL USO DE GRASA SOBREPASANTE COMO ALTERNATIVA PARA
CONTROL DEL BALANCE ENERGÉTICO NEGATIVO Y METABÓLICO EN VACAS
POSPARTO**



JORGE LEONARDO OTÁLORA RODRÍGUEZ

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA- UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS PECUARIAS Y DEL MEDIO
AMBIENTE- ECAPMA
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
BOGOTÁ
2018**

**EFICIENCIA DEL USO DE GRASA SOBREPASANTE COMO ALTERNATIVA PARA
CONTROL DEL BALANCE ENERGÉTICO NEGATIVO Y METABÓLICO EN VACAS
POSPARTO**



**Monografía
Para obtener el título de**

ESPECIALISTA EN NUTRICIÓN ANIMAL SOSTENIBLE

JORGE LEONARDO OTÁLORA RODRÍGUEZ

**Asesor:
ANGEL ANDRÉS ARIAS VIGOYA**

Zootecnista, Ph.D.

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA- UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS PECUARIAS Y DEL MEDIO
AMBIENTE- ECAPMA
PROGRAMA ESPECIALIZACIÓN EN NUTRICIÓN ANIMAL SOSTENIBLE
BOGOTÁ
2018**

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por brindarme su amor y apoyo incondicional, en especial a mis padres Gonzalo Otálora Castro y Ana Silva Rodríguez.

Quiero extender un fraternal agradecimiento a los docentes.

Asesor de trabajo de grado Ángel Andrés Arias Vigoya, Ph.D. por su transferencia de conocimiento, disponibilidad y gestión dentro este proceso.

Al docente Julián A. C. Vargas, Ph.D . por sus enseñanzas dentro de la construcción de este documento.

RESUMEN

La presente monografía explica el papel de las grasas sobre pasantes en vacas de producción de leche, describiendo la etapa de transición comprendida entre 21 días pre parto y 21 días post parto, para correlacionar esta etapa con la inclusión de grasas en la dieta proporcionada. Se hace una revisión bibliográfica de la inclusión de las grasas en animales en transición y así evitar el desplazamiento de grasa corporal para cubrir los requerimientos energéticos. Comparando algunos factores adversos del metabolismo de las grasas en el rumen y las grasas sobre pasantes en el duodeno con respecto a las rutas metabólicas que toman y el efecto de estas rutas sobre la lactancia y el balance energético de la vaca.

La utilización de grasas en la dieta permiten generar un suministro de energía a partir de ácidos grasos que se generan en los procesos ruminales como bio-hidrogenación e hidrolisis, sin embargo las grasas sobre pasantes, evaden estos procesos ruminales y se depositan en el duodeno donde son degradados y absorbidos por el intestino delgado, dejando a disposición de diferentes procesos metabólicos ácidos grasos.

Estos ácidos grasos son direccionados a la síntesis de leche y al metabolismo basal de la vaca ya que en la etapa de transición el consumo de materia seca disminuye como consecuencia del estrés del parto y los cambios hormonales. Al no existir un consumo de alimento que supla los requerimientos, se toma la energía de los tejidos disponibles y el animal empieza a decaer en la condición corporal, por eso durante la lactancia debe mantenerse al animal con optima condición corporal para que se manifieste y persista el pico de producción y haya un pronto retorno al celo.

Palabras clave: lactancia, metabolismo, inclusión, síntesis, transición.

ABSTRACT

This monograph explains the role of Bypasses in dairy cows, describing the transition stage comprised between 21 days before parturition and 21 days by parturition, to correlate this stage with the inclusion of fats in the provided diet. A literature review of the inclusion of fats in animals in transition is made and thus avoid the displacement of body fat to meet the energy requirements. Comparing some adverse factors of the metabolism of fats in the rumen and excess fats in the duodenum with respect to the metabolic routes they take and the effect of these routes on lactation and the energetic balance of the cow.

The use of fats in the diet allow to generate a supply of energy from fatty acids that are generated in ruminal processes such as biohydrogenation and hydrolysis, however Bypass, evade these ruminal processes and are deposited in the duodenum where they are degraded and absorbed through the small intestine, leaving different fatty acid metabolic processes available.

These fatty acids are directed to the synthesis of milk and the basal metabolism of the cow, since in the transition stage the consumption of dry matter decreases as a consequence of post-partum stress and hormonal changes. In the absence of a food intake that meets the requirements, energy is taken from the available tissues and the animal begins to decay in the body condition, so during lactation should be kept animal with optimal body condition to manifest and persist the peak of production.

Key words: lactation, metabolism, inclusion, synthesis, transition.

ÍNDICE

1. Introducción	10
2. Marco teórico	12
2.1 Generalidades de las grasas sobre pasantes	12
3. Impacto de la excesiva suplementación lipídica en la degradación de nutrientes asociados al forraje.	15
4. Digestión de los lípidos en el rumen	17
4.1 Hidrolisis de los ácidos grasos	18
4.2 Biohidrogenación de los ácidos grasos	19
4.3 Saponificación y Grasas Sobre Pasantes	21
5. Digestibilidad y absorción de los lípidos en el intestino	24
6. Síntesis de grasa de la leche	26
6.1 Bioquímica de la síntesis de la leche	27
7. La suplementación con ácidos grasos sobre la calidad de la grasa de la leche	31
8. Suplementación con ácidos grasos sobre parámetros productivos (CC, CMS, PV) y reproductivos (cascada hormonal reproductiva)	33
8.1 Efectos de la inclusión de Lípidos sobre parámetros reproductivos.	34
9. Metabolismo de lípidos en vacas de transición	35
10. Conclusiones	38
11. Referencias	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Hidrolisis de los ácidos grasos.....	19
Figura 2. Biohidrogenación de los ácidos grasos.....	20
Figura 3. Ácidos grasos más Calcio para formar jabones fuente de GSP.	22
Figura 4. Suplementación sostenible y eficiente en la producción ganadera.....	23
Figura 5. Esquema de la digestión ruminal de los lípidos. C18:0, ácido esteárico; C18:1, ácido oleico; C18:1 trans-11, ácido vaccénico; C18:2, ácido linoleico; C18:2 cis-9, trans-11, ácido ruménico; C18:3, ácido linolénico.	24
Figura 6 Esquema de la digestión intestinal de los ácidos grasos en los rumiantes.....	25
Figura 7. Resume de los procesos bioquímicos de la síntesis de la GL.....	29
Figura 8. Mecanismos de acción propuestos a través de los cuales la suplementación con ácidos grasos poli-insaturados puede afectar la función reproductiva.	35
Figura 9. Etapas del ciclo productivo en vacas lecheras.....	36
Figura 10. Comparativo de consumo, condición corporal, producción de leche y balances energéticos.....	37

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Composición de la grasa de la leche en vacas _____ 23

Abreviaturas

BEN	Balance Energético Negativo
GSP	Grasas Sobre Pasante
AGS	Ácidos Grasos Saturados
AGI	Ácidos Grasos Insaturados
AGV	Ácidos Grasos Volátiles
AGE	Ácidos Grasos Esenciales
AGL	Ácidos Grasos Libres
JC	Jabones Cálcidos
AG	Ácidos Grasos
AL	Ácido Linoleico
ALC	Ácido Linoleico Conjugado
ALn	Ácido Linolenico
PPP	Periodo Pre Parto
PP	Periodo Pos Parto
CMS	Consumo de Materia Seca
CC	Condición corporal
PV	Peso vivo
PL	Producción de Leche
GL	Grasa de la Leche

1. Introducción

En la actualidad se vienen generando un creciente cambio en el sector pecuario del país donde se busca mejorar la producción para generar un mejor margen de rentabilidad. Al identificar las diferentes problemáticas e impactos negativos de la baja productividad, se está incursionando en la aplicación de nuevas técnicas de alimentación y suplementación para suplir las necesidades de los animales y aprovechar el valor genético de los mismos.

Para el caso de las explotaciones de vacas especializadas en la producción de leche, se tiene que los requerimientos nutricionales varían dependiendo del estado fisiológico y la etapa productiva. En algunos casos los forrajes que se ofertan al animal no suplen los requerimientos energéticos, proteicos y vitamínicos característicos de una alta producción, por esta razón se debe incorporar suplementos en las diferentes raciones con el fin de suplir dichos requerimientos (Correa , 2011).

Aunque los forrajes componen la mayor parte de la dieta básica de los rumiantes, contienen una baja concentración lipídica (3 al 6%), expresados principalmente por fosfolípidos que son semejantes a los vistos en las membranas de las células animales y los galactolípidos que son ricos en Ácidos Grasos Esenciales (AGE), los forrajes además contienen lípidos de superficie como cutina y algunas ceras que carecen de valor nutritivo (Webster, 2017). Por otra parte y para el caso de dietas ricas en semillas, oleaginosas y grasas libres se tiene la presencia de triglicéridos, como se describe a continuación:

- Los granos oleaginosos, como girasol y soya, son ricos en lípidos (20-40 % de la materia seca) y presentan un elevado contenido de triglicéridos (Palmquist y Jenkins, 2003).
- Las tortas (subproductos de la extracción del aceite) contienen hasta un 3 % de lípidos.

- Los granos de cereales varían entre el 2,1 % (trigo) y el 7,1 % (avena), con respecto a los lípidos (Palmquist y Jenkins, 2003).

Por otra parte, se tiene que los porcentajes de ácidos grasos insaturados (AGI) considerados esenciales, como el ácido linoleico (AL), ácido linolénico (ALn) y ácido araquidónico (C20:4 n-6) presentes en los forrajes y granos oleaginosos disminuyen debido al proceso de biohidrogenación ocurrido en el rumen, por tal motivo son muy bajos los porcentajes que llegan finalmente al intestino delgado (Relling y Mattioli, 2003). La grasa presente en la ración suministrada a rumiantes, por lo general establecida como Extracto Etéreo (E.E) varía en un rango entre 4% y 6% expresado en términos de Consumo de Materia Seca (CMS), y los principales ácidos grasos de cadena larga son el ALn (50%), AL(10%) y palmítico (15%) (García., y otros, 2014).

Al identificar las falencias de tipo nutricional en la alimentación de las vacas lecheras, se determina, que uno de los periodos críticos es el periodo de transición que comprende el Periodo Pre Parto (PPP) y Periodo Pos Parto (PP), en estos periodos el animal realiza un desplazamiento de las reservas energéticas corporales, ya que debe cubrir la alta demanda energética que se necesita para la producción láctea, por lo cual se hace necesario establecer estrategias alimenticias para superar el déficit energético. En este contexto, una estrategia para contrarrestar los efectos del balance energético negativo es la utilización de grasas sobre pasantes (GSP). Esta metodología permite que el animal supere el BEN (occurrido durante el posparto) y mejore significativamente su condición corporal. Por consiguiente, con la presente revisión se quiere exponer el efecto del suministro de GSP sobre el balance energético y metabólico en vacas pos parto.

2. Marco teórico

2.1 Generalidades de las grasas sobre pasantes

Se hace ineludible buscar alternativas para suplementar las deficiencias energéticas producidas en los hatos lecheros. La razón de suplementar y balancear raciones está ligada a la falta de nutrientes en la alimentación, por lo que se presentan BEN como consecuencia de la lactancia (Valencia, 2013). Dentro de las variables más importantes para tener en cuenta en la suplementación animal están:

- **Genética:** el genotipo de los animales se expresa, es decir, hay una serie de genes asociados a la expresión de una característica, en este caso está preparado para expresar su característica lechera a diferentes niveles, siendo más exigente en requerimientos nutricionales animales de alta producción (Dobson., y otros, 2007).
- **Etapas productiva:** los animales varían sus requerimientos de acuerdo con su fase productiva, siendo mayores sus necesidades durante el primer tercio de la lactancia (Beigh, 2017).
- **Nivel de producción:** la producción de leche (PL), esta segmentada por etapas. La primera etapa finaliza hasta llegar al pico y posteriormente empieza a disminuir lentamente hasta el momento del secado. Durante cada una de estas etapas se tienen demandas nutricionales que están sujetas a los distintos volúmenes de leche (Osorio y Vinazco, 2010).
- **Condición corporal o estado nutricional:** El ganado con baja condición requiere mayor cantidad de nutrientes en la ración, en estos animales se debe suplementar para cubrir las altas demandas de energía (Duarte y Castañeda, 2016).

- Valor nutricional de los insumos: al momento de realizar la formulación es fundamental conocer el valor nutricional de los insumos, ya que el contenido nutricional de la ración tendrá una relación directa con la composición de cada uno de los ingredientes, además, es importante conocer los factores anti nutricionales de cada uno de estos (Valencia, 2013).

Sin embargo se tiene que la disminución del desempeño productivo genera una menor rentabilidad, por esta razón se están aplicando nuevas técnicas de alimentación en bovinos, con el objetivo de mitigar los efectos adversos del balance energético negativo (Mordak, 2015). Dentro de estas técnicas se tiene la utilización de GSP, con lo que se puede incrementar el aporte energético y favorecer la tasa de producción de las diferentes explotaciones lecheras. Las GSP actualmente se consiguen en el mercado en dos presentaciones, como Jabones de Calcio y Ácidos Grasos Saturados. Las GSP se componen generalmente de aceite de palma y otros aceites vegetales, siendo estas tolerantes a la biohidrogenación microbiana en el rumen, de esta manera llegan al intestino delgado para su utilización como fuente de energía y Ácidos Grasos (AG). (Ibeagha- Awemu., y otros, 2016).

En lo referente a los Ácidos Grasos Insaturados (AGI), se tiene que se caracterizan por ser enfriados mediante pulverización, manteniendo relativamente baja la proporción de AGI o hidrogenados, en este contexto se tiene que el AGI se satura tanto que ya no puede ser digerido en el proceso digestivo (Duarte y Castañeda, 2016). Por otra parte se tiene que los Ácidos Grasos Saturados (AGS) no sufren alteraciones mayores al ser liberados en el rumen, mientras que los AGI son hidrogenados de manera rápida por las bacterias como un mecanismo de defensa ante la intoxicación de estas (Doreau y Chilliard, 1997). Los mismos autores presentan como principales sustratos presentes en la alimentación de los rumiantes a los AL y ALn, ya que esos son precursores de la biohidrogenación. Como resultado de esta biohidrogenación se produce otra

serie de AG que finalmente por acumulación escapan del rumen y son absorbidos en el intestino delgado.

Sin embargo el suministro de dietas bajas en grasa disminuye el aporte calórico o energético promoviendo el BEN durante el periodo PP en vacas de alta producción (Mordak, 2015). En este orden de ideas se tiene que en el periodo de transición el animal afronta fuertes cambios metabólicos y endocrinos (Galvis., y otros, 2007), estos cambios van a afectar el rendimiento y la disponibilidad del tejido graso que es donde se realiza la síntesis de triglicéridos, por consiguiente disminuye la cantidad de estos (Relling., y otros, 2003). Para procesar el flujo de ácidos grasos se requiere una rápida movilización de los triglicéridos, llevando al animal a una pérdida de Condición Corporal (CC), al haber un desequilibrio debido a una creciente presión metabólica por la PL, la carencia de AG genera patologías como metritis, retención de placenta, desplazamiento abomasal, fiebre de leche, cetosis, hepatopatías, disminución de índices reproductivos y longevidad del hato (Mordak, 2015).

No obstante hay varios factores que pueden intervenir en la digestibilidad de las GSP de la dieta, tales como el contenido de Ácidos Grasos Libres (AGL), el balance o proporción de AGS y AGI, la longitud de la cadena y la cantidad consumida por el animal (Plascencia., y otros, 2005).

Algunos estudios han establecido diferentes relaciones negativas entre la cantidad de AG contenidos en el consumo Vs la digestibilidad de estos, encontrando que grandes cantidades de AG son difíciles de digerir por parte del animal (Sauvant y Bas, 2001). Esto es corroborado al encontrar que la digestibilidad es mayor al 80% cuando el consumo de AG totales es menor a 1*Kg del Peso Vivo (PV) lo que puede traducirse en que: mayores volúmenes de AG disminuyen el % de digestibilidad (Mc Donald., y otros, 2006). En contraposición a estas teorías, hay estudios donde se afirma que el efecto digestivo del rumen sobre las grasas no protegidas, no interfiere en la digestibilidad de la fibra para vacas en cualquier etapa productiva, porque la fibra

está compuesta por carbohidratos estructurales muy tolerantes al efecto ruminal y no es recubierta por las GSP permitiendo una digestibilidad normal por parte de los microorganismos ruminales (Montgomery., y otros, 2008). Con respecto a la proteína se demostró que poco se ve afectada la absorción de esta al incluir GSP, incluso en la mayoría de las ocasiones se incrementa la digestibilidad total de la proteína (Doreau., y otros, 2009).

De manera general se tiene que las grasas son de gran importancia en la nutrición de vacas lecheras debido a su elevado aporte energético. La inclusión de grasas y aceites a niveles superiores del 6% de la MS presenta limitantes, porque se altera la biohidrogenación ruminal. Lo anterior genera una inhibición del crecimiento microbiano ruminal, por lo cual se disminuye la producción de Ácidos Grasos Volátiles (AGV) en el rumen, dando como resultado final una merma en la cantidad de ácido acético digestible para ser aprovechado en el metabolismo o en la glándula mamaria. (Osorio y Vinazco, 2010).

3. Impacto de la excesiva suplementación lipídica en la degradación de nutrientes asociados al forraje.

Es indudable que la suplementación con lípidos dietarios ejerce afecciones sobre la digestibilidad y el metabolismo, causando efectos en los estatus reproductivos de los animales. Esto quiere decir que debe haber un balance entre la ración de suplemento y la cantidad de CMS consumida (Palmquist y Jenkins, 2003). Tal es el caso de suministrar glicerol en la dieta, así bien, como ya se mencionó el efecto de los AG depende del porcentaje que se oferte y la cantidad de forraje consumido, de esta manera se tiene que consumo entre el 10 y el 15 % de materia seca de la ración, mantiene los parámetros de degradación ruminal, así como la cantidad de metabolitos que se producen para mantener el desempeño productivo de las vacas lactantes (Aguilar., y otros, 2014). Sin embargo un exceso en la inclusión de AG puede conducir a una

intoxicación tanto para los microorganismos ruminales como para el animal (Webster, 2017). En este contexto se manifiesta que la Food and Drug Administration (FDA) no recomienda un suministro superior al 0,5% de AG dietarios, ya que es altamente nocivo para rumiantes especialmente los animales jóvenes (Drackley, 2008). Empero se sugiere que a pesar de que el metanol no es un metabolito que se origine comúnmente de los procesos ruminales, si tiende a aparecer en la hidrólisis de las pectinas, pero en animales adultos o en lactancia es asimilable en niveles de $\leq 1.3\%$ (Webster, 2017).

De igual manera se demuestra que la intoxicación sobre los microorganismos ruminales por un exceso de AGI tiene como consecuencia un efecto directo sobre la degradación de los componentes de los forrajes, y por ende sobre la proteína y la fibra que estos aportan. De esta manera puede haber un incremento en la cantidad de fibra que no es degradada en el rumen, por tal motivo se vería afectada la absorción de nutrientes en el intestino y la disminución en la cantidad de AGV absorbidos en el rumen (Ferraro., y otros, 2009) (Van Cleef., y otros, 2011). En este contexto se concluye que un exceso de AGI provenientes de la dieta afecta las bacterias que degradan los carbohidratos estructurales (componente importante en los forrajes), a la vez que a las bacterias metanogénicas y los protozoos, causando reacciones en cadena como: baja absorción de nutrientes, intoxicación de los animales y de la fauna ruminal, sobrepeso de los mismos, baja conversión alimenticia entre otros (Broudiscou., y otros, 1994).

Considerando lo anteriormente expuesto se tiene que las modificaciones en los niveles de grasa son la solución para distribuir de manera balanceada los nutrientes. Las dietas ricas en almidón favorecen los niveles altos de insulina que a su vez aumentan el engrasamiento de las vacas. Por otro lado, los lípidos contenidos en las dietas disminuyen los niveles de insulina. De hecho, una sobre alimentación con grasas puede inducir resistencia a la insulina, aumentando de

esta manera la competitividad de la glándula mamaria por los nutrientes de la dieta. Las grasas se deben utilizar para mantener la condición corporal desde el inicio de la lactancia hasta el momento de la monta, sin que se presente un engrasamiento por parte del animal que pueda afectar la PL - GL y menos la etapa reproductiva del animal (Gagliostro., y otros, 2002). Un excesivo suministro de grasas provoca que las vacas disminuyan el consumo total para limitar la cantidad de grasa que deben metabolizar. Al inicio de la lactancia este problema es crítico porque las cantidades de insulina en la sangre son bajas provocando una movilización de la grasa corporal. Por otro lado, una sobre inclusión de grasa en la dieta no impide la movilización de grasa corporal, ya que de por si disminuye los niveles de insulina más que incrementarlos (Chilliard., y otros, 2002). En este contexto, se debe evitar el engrasamiento de las vacas al parto, de esta manera se limita la movilización de grasa corporal y se aumenta la concentración proteica de la ración, asegurando un consumo de alimento deseado para mantener o maximizar la producción.

Desde el punto de vista reproductivo se tiene que las grasas provenientes de la dieta están ligadas al colesterol precursor de la P4, ligada al incremento de tasas reproductivas en vacas. Sin embargo, cuando hay una gran cantidad de AG poliinsaturados, no son metabolizados en el rumen y escapan, limitando la producción de prostaglandinas y por tanto el estradiol (Lucy, 2003).

4. Digestión de los lípidos en el rumen

La actividad digestiva ruminal cumple con un 70% en la biohidrogenación, la lipólisis y la hidrólisis de los ácidos grasos. Por otra parte, los AG que son sometidos a un proceso de saponificación no sufren ninguno de los efectos digestivos mencionados anteriormente, se

hidrolizan directamente en el abomaso y su digestibilidad es más efectiva en el intestino, por consiguiente asumen el nombre de GSP (Hernández y Diaz, 2011).

4.1 Hidrolisis de los ácidos grasos

La hidrolisis, se lleva a cabo por las bacterias ruminales lipolíticas, que liberan enzimas lipasas produciendo AG y glicerol. Así, a partir de los galactolípidos se produce galactosa y de los fosfolípidos se producen alcoholes aminados, siendo el glicerol, los alcoholes aminados y la galactosa, metabolizados y convertidos en AGV, que son absorbidos a través de la pared ruminal (Hernández y Diaz, 2011). Mediante la actividad de las bacterias y los protozoos del rumen, y su síntesis de lipasas, galactolipasas y fosfolipasas se da viabilidad a la actividad lipolítica (Harfoot y Hazlewood. , 1998). Sin embargo la lipolisis puede verse mermada ante la presencia de antibióticos, la disminución del pH ruminal o por la inclusión de mucha grasa en la dieta, elevando su punto de fusión y por ende disminuyendo su digestibilidad (Van Nevel y Demeyer, 1995) (Figura 1).

De manera general se expone que la hidrolisis de AG la realizan las lipasas en gran parte de los AG que entran al rumen, esta función solo se puede realizar en función de la cantidad de AG que ingresen al rumen, puesto que, altos porcentajes inhiben la lipolisis con pH menores de 5.5 (Hernández y Diaz, 2011).

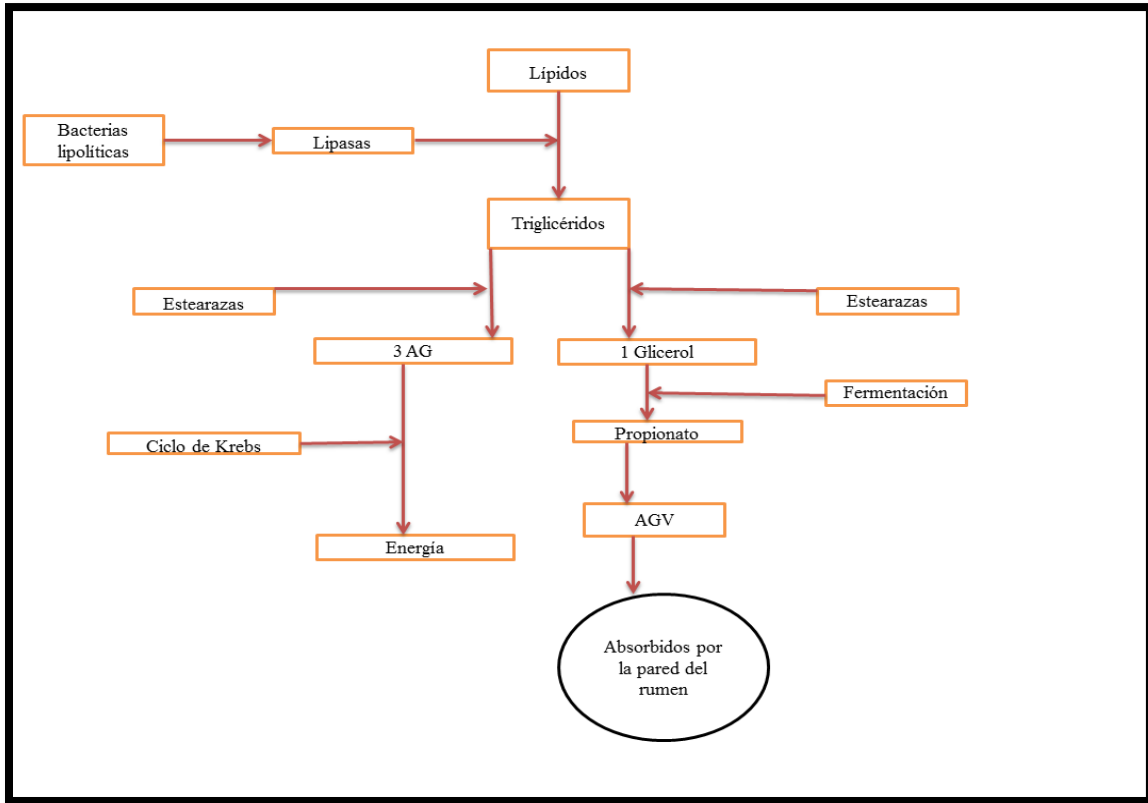


Figura 1. Hidrolisis de los ácidos grasos. Elaboración propia (2018).

Un análisis a la figura 1 se observa que triglicéridos por efectos ruminales (estearazas), se hidrolizan entre los AG y el glicerol dando origen a un glicerol y tres AG; posteriormente por acción fermentativa el glicerol forma el propionato y AGV. Sin embargo, Noble (1978), manifiesta que hay triglicéridos que escapan del rumen hacia el intestino delgado, los cuales son hidrolizados por la lipasa pancreática, enzima que se mantiene activa gracias a la protección de las sales biliares y condiciones de pH ácido (Noble, 1978).

4.2 Biohidrogenación de los ácidos grasos

La biohidrogenación está direccionada a la saturación de los ácidos grasos que fueron liberados (Martínez., y otros, 2010). El efecto principal de la actividad ruminal sobre la composición de los AG va encaminado a producir la saturación intensiva de dichos AG que

llegan como AGI, principalmente por el proceso de biohidrogenación (isomerización, reducción). Se debe tener en cuenta que este proceso, no satura la totalidad de AGI y que además se genera gran cantidad de metabolitos (p. ej. ácido vaccénico y oleico) que pueden ser utilizados como fuente de energía de los microorganismos ruminales o en el proceso de síntesis de membrana de estos. Otro de los efectos de la biohidrogenación sobre la composición de los AGI es la inactivación de compuestos tóxicos como alcaloides, fenoles y estrógenos vegetales que podrían afectar la estabilidad medio ambiental de los organismos ruminales (Castillo., y otros, 2013) (Figura 2).

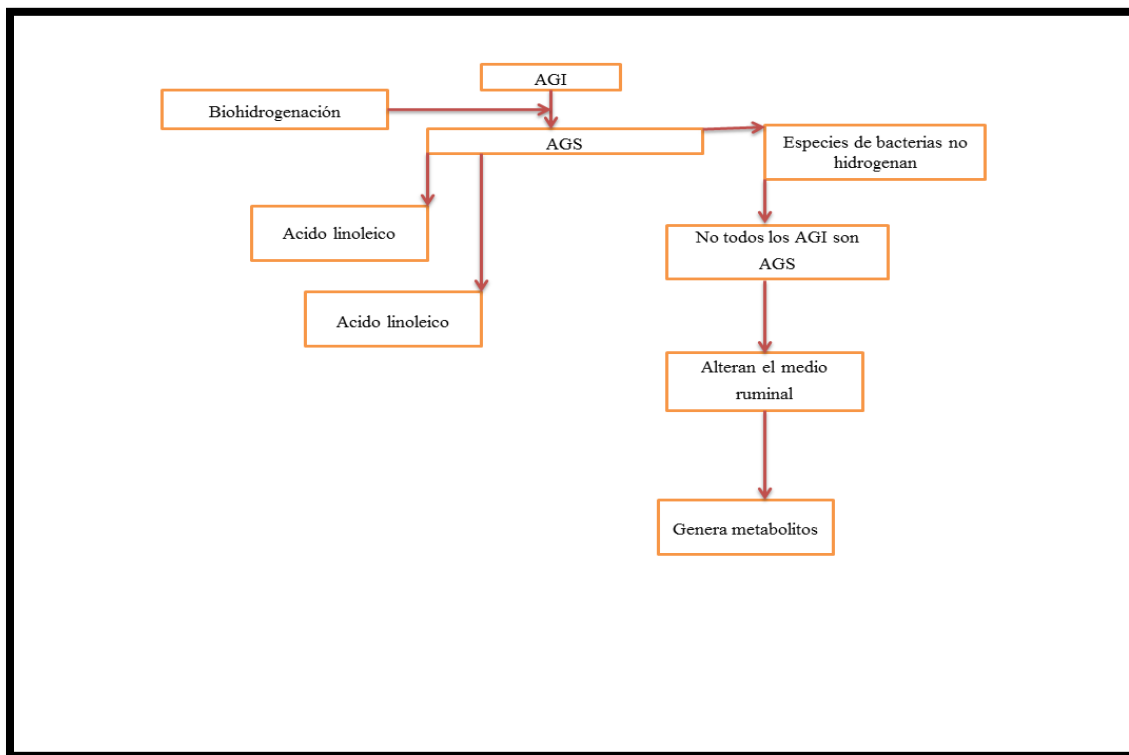


Figura 2. Biohidrogenación de los ácidos grasos. Elaboración propia (2018).

Como se mencionó con anterioridad hay unos efectos adversos al no haber una biohidrogenación completa sobre los AGI, entre los que se cuenta alteraciones en el medio ruminal y por consiguiente una excesiva producción de metabolitos intermediarios. Se observa en

la figura 2, que los AGI son rápidamente hidrogenados por las bacterias, mientras que los AGS no sufren modificaciones (Doreau y Ferlay, 1994). Dentro de este proceso se tiene que los principales sustratos alimenticios en el proceso de biohidrogenación al AL y ALn (Doreau y Chilliard, 1997)

El ALn es una isomeración acelerada del enlace cis-12 a trans-11, resultado de esto se genera una variabilidad de isómeros de ALC, principalmente ácido ruménico que constituye aproximadamente el 30% en vacas. En la segunda fase el ALn tiene una biohidrogenación inicial del enlace cis-12 a trans-11, pero después se hidrogena con los enlaces cis -9 y cis-15 produciendo ácido vaccénico (Piperova., y otros, 2002). En este proceso no hay producción de ácido vaccénico pero si otros isómeros de ALC. En los dos procesos la reducción del ácido vaccénico a ácido esteárico es lenta, como consecuencia el ácido vaccénico se acumula y escapa hacia el intestino para ser posteriormente absorbido (Bauman y Lock, 2016).

En presencia de ácido oleico para la producción de ácido esteárico, no solo es necesario un proceso de biohidrogenación, sino que también hay formación de numerosos isómeros trans, permitiendo la formación de ácidos como el 10- hidroxisteárico y 10- cetoesteárico. En condiciones ideales, es importante que una gran cantidad de ácidos grasos lleguen al intestino para ser absorbidos y por ende suplementar las deficiencias de energía que pueda presentar el animal (Jenkins., y otros 2008).

4.3 Saponificación y Grasas Sobre Pasantes

La saponificación, descrita por Relling y Mattioli (2003), es el proceso por el cual los lípidos o AG, por efecto del pH ácido se transforman en jabones (principalmente jabones de Ca y Mn). Los jabones de Ca son una gran fuente de GSP en la elaboración de raciones para rumiantes. Estas GSP generalmente provienen del aceite de palma y son una combinación de AG y Ca, que

unidos entre si forman una sal soluble a pH inferior a 5,5 (el pH del duodeno esta alrededor de 2 a 2,5) (Duarte & Castañeda, 2016). Esto y según trae como beneficio:

- No hay alteraciones en el metabolismo del rumen
- No se solubilizan en el rumen
- No alteran la digestibilidad de la fibra
- Una vez llegan al abomaso el proceso de hidrolisis permite que los AG y el Ca sean absorbidos en el intestino (Sanz., y otros, 2002).

La figura 3 muestra un enlace de los ácidos grasos con un átomo de Ca para formar un jabón de Calcio o GSP.

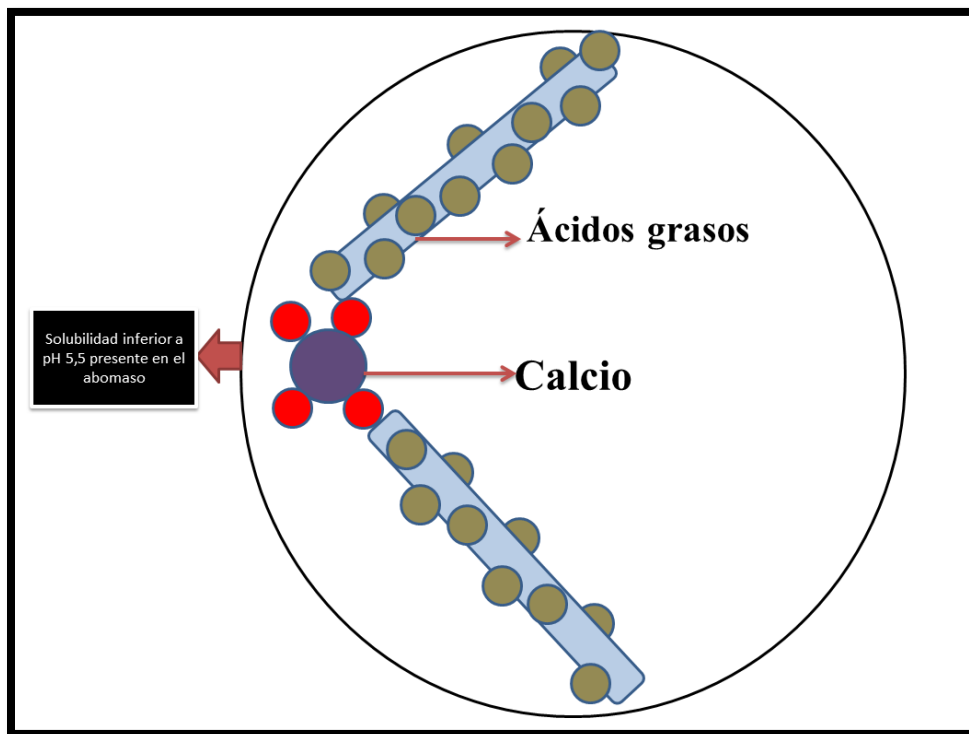


Ilustración 3. Ácidos grasos más Calcio para formar jabones fuente de GSP. Elaboración propia (2018).

Las GSP y la digestión de estos dependen de secreciones biliares y pancreáticas. En el duodeno, la bilis aporta lecitina (fosfatidil-colina), que se convertirá en lisolecitina debido a la

acción de la lipasa pancreática. Este compuesto, junto con las sales biliares, actúa como un potente emulsionante, ya que introducen los AGL en una micela hidrosoluble que será degradada sobre la superficie de las micro vellosidades de la mucosa intestinal, y dichos AGL serán captados por la célula de la mucosa. De esta manera la mayor parte de la absorción de los AG tiene lugar en la mitad proximal del intestino delgado y las sales biliares son reabsorbidas en el yeyuno distal e íleon. La figura 4 hace una breve descripción del recorrido y absorción de las GSP (Tyagi., y otros, 2010).

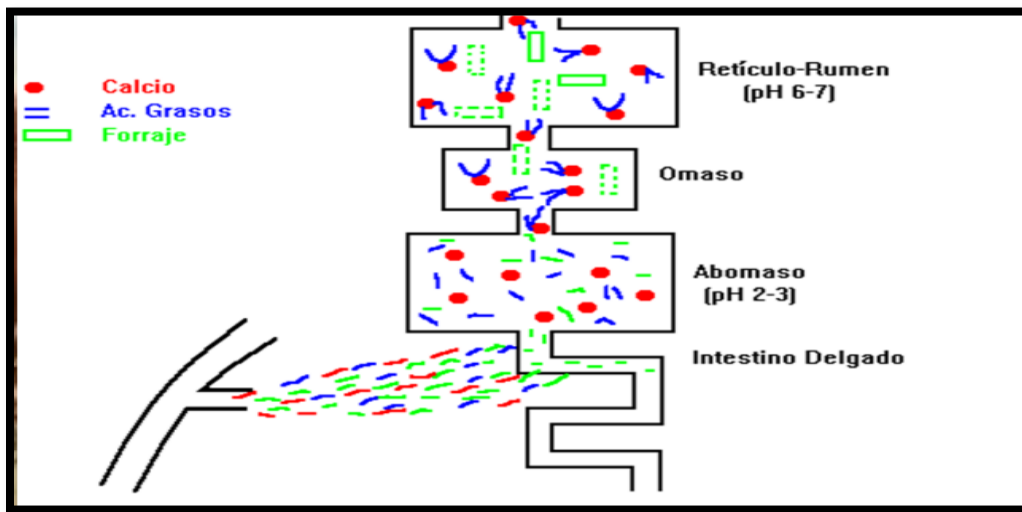


Ilustración 4. Suplementación sostenible y eficiente en la producción ganadera. Rodríguez (sf).

En la ruta mostrada en la figura 4, se observa como las GSP no son sometidas a procesos de biohidrogenación ni hidrolisis, sino que llegan directamente al abomaso y allí cumplen el ciclo nombrado anteriormente (Martínez., y otros, 2010). Por tal motivo, se admiten varias descripciones de la digestibilidad de los AG y se generalizan en dos grandes digestiones: digestión ruminal y digestión intestinal (como se observa en la figura 5).

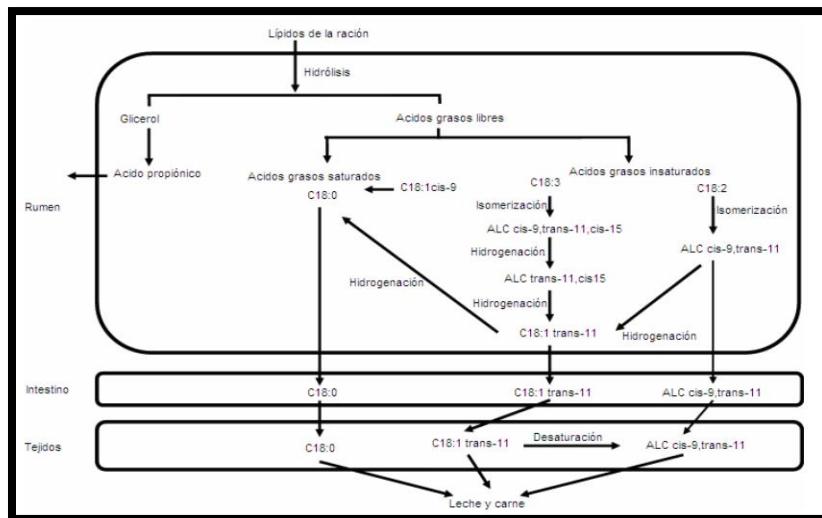


Figura 5. Esquema de la digestión ruminal de los lípidos. C18:0, ácido esteárico; C18:1, ácido oleico; C18:1 trans-11, ácido vaccénico; C18:2, ácido linoleico; C18:2 cis-9, trans-11, ácido ruménico; C18:3, ácido linolénico. Adaptado de (Tanaka, 2005)

5. Digestibilidad y absorción de los lípidos en el intestino

De manera general, la absorción de los lípidos y los AG en el intestino se realiza a través de la pared del mismo. El proceso de digestibilidad en el intestino ocurre a partir de la bilis procedente de las secreciones pancreáticas (lipasa pancreática y bicarbonato) y del hígado (bilis y sales biliares), las cuales se mezclan con el contenido del intestino delgado. Los ácidos glicólico, taurocólico y cólico presentes en las secreciones pancreáticas hacen que los lípidos presentes en el intestino sean hidrófilos para poder ingresar en las células intestinales. Una vez se encuentren en las células intestinales la mayor parte de los AG se enlazan con el glicerol que proviene de la glucosa sanguínea y forman triglicéridos. De esta manera, los triglicéridos, los AGL, el colesterol y otras sustancias relacionadas con los lípidos, son recubiertos por capas de proteínas, dando como resultado lipoproteínas ricas en triglicéridos, más comúnmente llamadas lipoproteínas de baja densidad que a través de los vasos linfáticos pasan a la sangre y son transportadas por el torrente sanguíneo. Como característica especial, estos lípidos absorbidos en el tracto

gastrointestinal no se dirigen al hígado sino que entran a la circulación sanguínea en general, siendo utilizados por cualquier tejido sin ser metabolizados en el hígado (Van Nevel y Demeyer, 1995) (Bauman., y otros, 2003). La figura 6 presenta resumidamente la digestibilidad en el intestino.

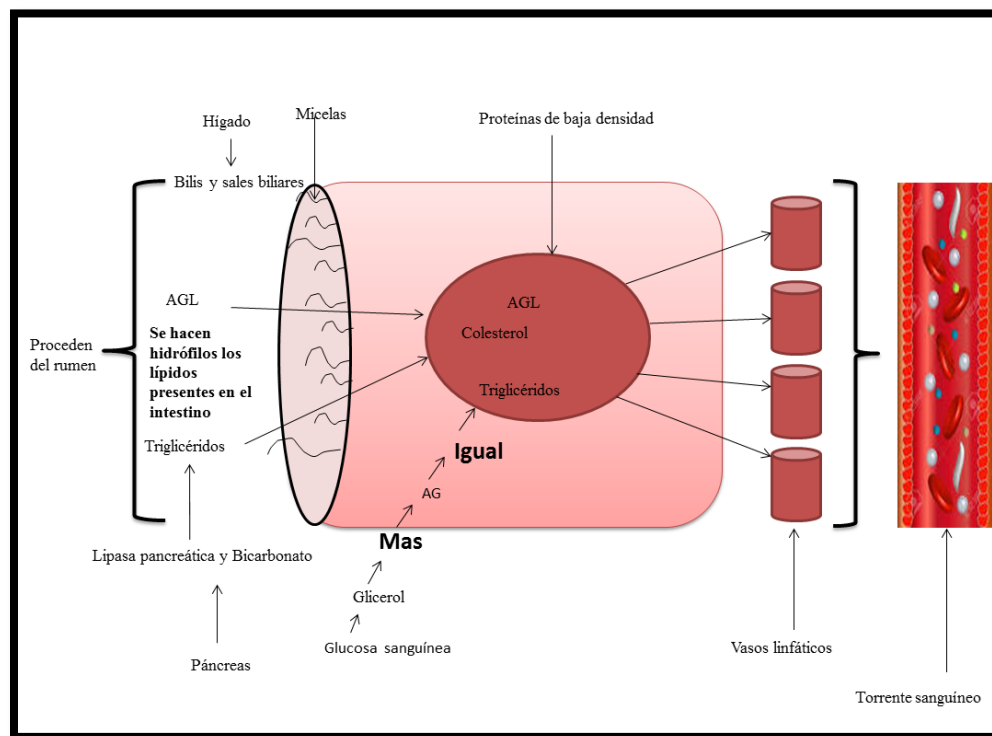


Figura 6 Esquema de la digestión intestinal de los ácidos grasos en los rumiantes. Adaptado de Bauman y Lock (2003).

Los AG se desprenden o liberan de las partículas por lo que se conoció en aquel entonces como detergencia polar. A partir de las sales biliares se crea una sustancia entre ácidos grasos con fosfolípidos de la bilis y agua, dando como resultado una fase líquida cristalina. A medida que avanza la digestión se va incrementando el pH, desde el orificio biliar y pancreático con un pH de 3-4 hasta el íleon con un pH de 8 (Noble, 1978).

El incremento del pH hace que la fase cristalina al estar en presencia de sales biliares se transforme hacia una solución micelar. Al mismo tiempo hay una liberación de lisolectinas por

acción de las fosfolipasas pancreáticas y estas lisolectinas provienen de los fosfolípidos biliares. Toda esta cascada de enzimas, sales, fosfolípidos y demás, favorecen una mayor solubilización, para que a la vez sea más fácil el paso de los AG a través de una capa acuosa que recubre las micro vellosidades intestinales (Bauchart, 1993).

La digestión intestinal de los AG es el principal factor que determina la cantidad de energía neta que tiene el animal como consecuencia del consumo de alimento. De igual manera, concluyen que el descenso en la digestibilidad de los AG podría deberse a la baja producción de bilis en los rumiantes, ya que como se mencionó anteriormente la solubilización micelar depende exclusivamente de las sales biliares y de las lisolecitinas (Noble, 1978) (Bauchart, 1993) (Bauman., y otros, 2011).

La suplementación con grasas sobre pasantes eleva los niveles plasmáticos de la hormona colecistoquinina. Las funciones de esta hormona se pueden agrupar tanto en aquellas que aumentan la digestibilidad de nutrientes como las que reducen el consumo. Las primeras incluyen la contracción de la vesícula biliar, el aumento de la secreción exocrina del páncreas y una disminución en la motilidad del estómago e intestino. Las segundas reducen el consumo, lo cual se debe a que la colecistoquinina disminuye la motilidad intestinal y regula la expresión génica del neuropéptido Y en el hipotálamo. Asimismo, se puede generar una respuesta vagal causada por la unión de la colecistoquinina a receptores en el nervio vago (Relling., y otros, 2011).

6. Síntesis de grasa de la leche

No todos los AG de la leche bovina provienen de la síntesis en la glándula mamaria, generalmente provienen de tres fuentes: los ácidos grasos esterificados provenientes de las lipoproteínas que se encuentran en la sangre, generalmente son fruto de la dieta y el metabolismo;

proviene de la movilización de tejido adiposo de reservas corporales por lo tanto se tienen AG no esterificados; y la síntesis de *novo* que ocurre directamente en la células epiteliales de la glándula mamaria (Clegg., y otros, 2001). Al igual que en el tejido adiposo, los ácidos grasos utilizados en la síntesis de los triglicéridos de la leche tienen tres orígenes: síntesis de *novo*, captación plasmática y desaturación *in situ* (Barber., y otros, 1997).

La síntesis de *novo* es un proceso de producción de AG de cadena corta y media, ya que el epitelio de la glándula mamaria no puede sintetizar AG de cadenas largas (mayores a 16 C). Este proceso ocurre en las células epiteliales de la glándula mamaria, y los AG de igual o más carbonos son incorporados a la célula alveolar siendo esterificados y liberados. Los mismos autores exponen que dentro de los AG sintetizados están el miristoleico, ALC, palmitoleico y oleico. Como ya se mencionó en la glándula mamaria bovina es posible la desaturación, pero no la elongación de cadenas de más de 16 carbonos, debido a que no existen las enzimas necesarias, por lo tanto, los AG de 18 o más carbonos (excepto los que se originan como producto de la desaturación tales como el oleico y el ruménico) deben proceder de lípidos circulantes en sangre (Ruspoli, 2015).

6.1 Bioquímica de la síntesis de la leche

Como se mencionó anteriormente, los AG de cadena corta se sintetizan en la glándula mamaria. Sin embargo, los AG de la leche en general provienen de tres grandes fuentes: AG esterificados que provienen de las lipoproteínas de baja densidad presentes en la sangre, AG no esterificados que están en la sangre, provenientes de reservas corporales y a partir de la síntesis de *Novo* (Clegg., y otros, 2001).

Desde el punto de vista bioquímico, Osorio y Vinazco (2010), manifiestan que la síntesis de *novo* requiere que la acil-CoA sea retirada del medio mediante su incorporación a los

triglicéridos. De igual manera los AG de menos de 16 carbonos son esterificados principalmente en las posiciones sn-2 y sn-3 del glicerol. Por otra parte las células secretoras de la glándula mamaria tienen una potente actividad de la Δ^9 -desaturasa (Stearoil CoA Desaturasa) sobre los AG de 18 carbonos y muy inferior sobre los de cadena más corta. Las células secretoras mamarias completamente diferenciadas expresan una alta actividad Δ^9 desaturasa que convierte el ácido esteárico en ácido oleico (cis-9 C18: 1).

En este sentido, el 50% de los AG de cadena corta (hasta 18 C) son sintetizados de *Novo* en el citoplasma de los alveolos de la glándula mamaria a partir del acetato y del 3- hidroxibutirato. Estos compuestos son transportados en la sangre y provienen de la fermentación en el rumen y a la vez de reacciones catalizadas por la acetil CoA carboxilasa y ácido graso sintetasa. El otro 50% de AG de cadena corta procede de los lípidos presentes en la sangre, producto de la fermentación en el rumen (biohidrogenación e hidrolisis) y de la grasa corporal movilizada. De igual manera el origen del ALC o ruménico se atribuye en un 7% al rumen y un 93% al retículo de los alveolos de la glándula mamaria (Angulo., y otros, 2009). Otros procesos metabólicos generan ácidos grasos, tal es el caso del proceso de desaturación que parte por el complejo Δ^9 -desaturasa y que de ahí se originan los ácidos miristoleico (C14:1), palmitoleico (C16:1) y oleico (C18:1 *cis*-9), utilizando como sustrato el ácido mirístico (C14:0), palmítico (C16:0) y esteárico (C18:0) respectivamente. Así mismo, el ácido vaccénico (trans-11 C18: 1) formado en el rumen sufre sobre acumulación, es liberado y posteriormente es absorbido en el intestino delgado, para luego ser desaturado y formar ALC (C18: 2 *cis*-9, trans-11), que es el principal isómero de ALC en la leche bovina (Chilliard., y otros, 2002).

En el caso de la síntesis de la grasa láctea, se indica que la lipoproteína lipasa desempeña un papel muy importante, ya que es la encargada de realizar la hidrolisis de los AG provenientes de la sangre y ponerlos a disponibilidad de los alveolos de la glándula mamaria, aunque no hay

claridad del lugar exacto donde origina esta enzima (García., y otros, 2014). Sin embargo, al realizarse la hidrólisis de los AG en los capilares mamarios, estos deben traspasar la membrana lipídica de la membrana del capilar y realizar otra serie de cruces. Esto obedece a la necesidad de un gradiente de concentración de AG, lo que aparentemente es creado por traslocadores de AG o proteínas de enlace (Clegg., y otros, 2001). Por otra parte se propone que alrededor del 40% del ácido esteárico absorbido por la glándula mamaria es desaturado, lo que aporta más del 50% del ácido oleico presente en la leche. En la figura 7 se observan algunos de los procesos bioquímicos para la síntesis de GL (Shingfield., y otros, 2010).

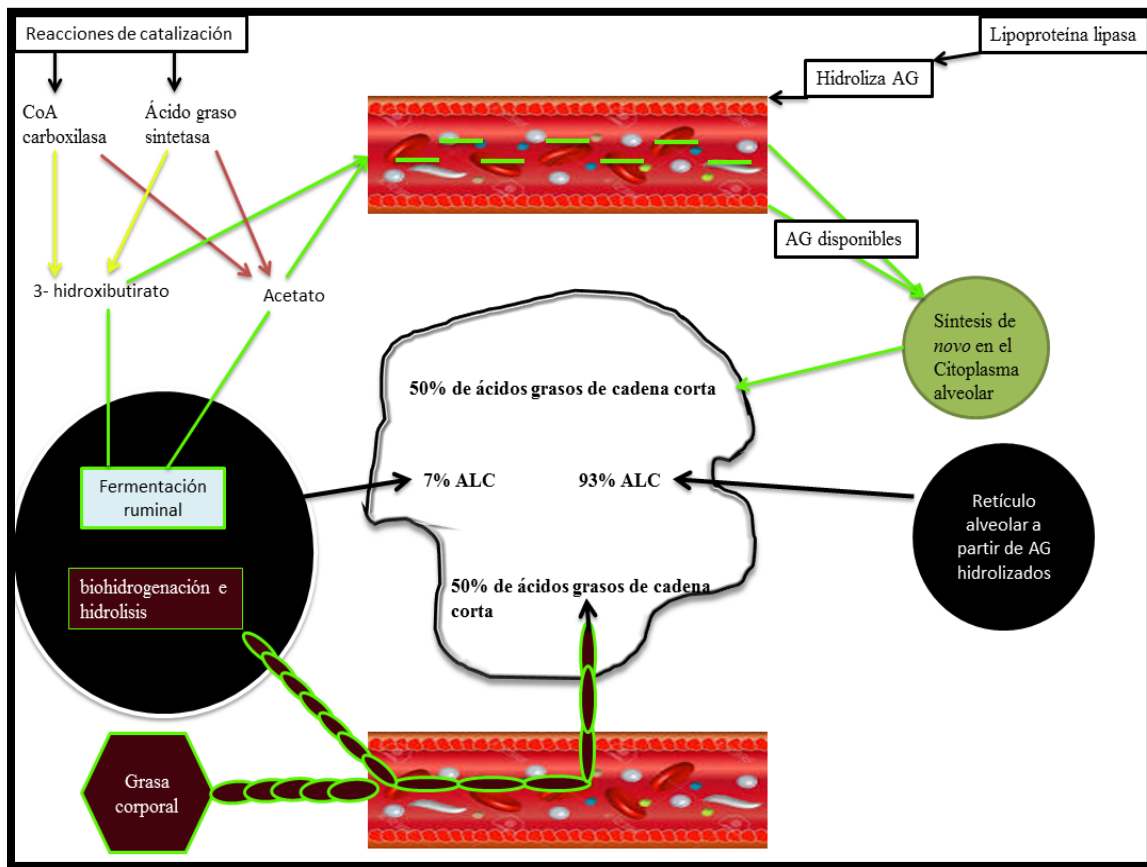


Figura 7. Resume de los procesos bioquímicos de la síntesis de la GL. Elaboración propia (2018).

En cuanto a la composición de GL, Knudsen y Grunnet (1982) manifiestan que los fosfolípidos y esteroides representan de 0,5 a 1% y de 0,2 a 0,5% de los lípidos totales y se concentran mayoritariamente (40%) en la membrana de los glóbulos grasos de la leche. Aproximadamente el 60% de los ácidos grasos presentes en la grasa láctea provienen de la sangre y el 40% derivan de la síntesis de *novo* (Knudsen y Grunnet, 1982). Sin embargo a partir del tipo de ácido graso presente en la leche se puede establecer una relación porcentual de la cantidad de grasa que aportara a la misma leche, como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1.

Composición de la grasa de la leche de vacas.

Nombre común	Nomenclatura química	%	Número de átomos			Enlaces dobles
			C ¹	H ²	O ³	
<i>Ácidos grasos</i>	<i>Saturados</i>					
Butírico	Butanoico	4.5	4	8	2	0
Caproico	Hexanoico	2.2	6	12	2	0
Caprílico	Octanoico	2.5	8	16		
Capríco	Decanoico	3.8	10	20		
Láurico	Dodecanoico	5.0	12	24	2	0
Mirístico	Tetradecanoico	11.	14	28	2	0
Palmítico	Hexadecanoico	25.	16	32	2	0
Esteárico	Octadecanoico	7.0	18	36	2	0

<i>Ácidos grasos</i>	<i>Mono insaturados</i>					
Oleico	Octadecanoico <i>cis</i> -9 ^(Y)	3.0	18	34	2	1
<i>Ácidos grasos</i>	<i>Polinsaturados</i>					
Linoléico	Octadecanoico <i>cis</i> 9,12	2.0	18	32	2	2
Linolenico	Octadecanoico <i>cis</i> 6,9,12	0.7	18	30	2	3
Araquidónico	Eicosatetraenoico <i>cis</i> 6,9,12,15	0.7	20	32	2	4

⁽¹⁾ carbono; ⁽²⁾hidrógeno; ⁽³⁾oxígeno; ⁽⁴⁾ a temperatura ambiente; ^(Y)isomería espacial. **Fuente:** Modificado a partir de MacGibbon y Taylor, 2006; Månsson, 2008.

7. La suplementación con ácidos grasos sobre la calidad de la grasa de la leche

Se tiene que la adición de GSP además de influir positivamente en el balance energético en los animales puede mejorar las características fisicoquímicas de la leche (Anantasook., y otros, 2013). Pero para mitigar el impacto del BEN en el PP se recurre a la depresión de la grasa de la leche; es decir se inhibe la síntesis de grasa pero sin afectar los otros componentes y sin disminuir la cantidad de leche producida (Harvatine., y otros, 2009). De igual manera con respecto al contenido graso de la leche en PP está relacionada, relaciona con los AGI provenientes de la dieta que sufren alteraciones en el rumen, formando AG intermediarios que inhiben la síntesis de GL (Bauman., y otros, 2011) . Respecto a los AG inhibidores, se tiene que el ALC C18 trans, en elevadas concentraciones inhibe la síntesis de *novo* (Moioli, y otros, 2007). Así, el consumo de AG de cadena larga como ALC, inhibe la síntesis de AG de cadena corta y media en los alveolos,

o simplemente sustituye los AG de cadena corta y media por AG de cadena larga sobre los triglicéridos de la leche (Bauman., y otros, 2011).

La inclusión de AG en la dieta, tales como el ALC, reducen el contenido de GL pero no la cantidad de leche producida, permitiendo mantener una producción estable dentro del hato (Van Soest., y otros, 2011), ya que se ha observado que una adición de ALC inferior al 0.5% en la dieta se refleja en la merma de la concentración de GL (Sinclair., y otros, 2010).

Por otra parte la adición de ácido ruménico en las células epiteliales de la glándula mamaria no interfiere en el metabolismo de los lípidos (Peterson., y otros, 2004). Así, la gran mayoría de los AGI que logran llegar a la glándula mamaria, causan estímulos sobre las enzimas lipogénicas mamarias y por tanto en la síntesis de GL (hay que recordar que hay síntesis de AG de cadena corta). En estudios realizados mediante adición *in vitro* de ácido Ruménico, se observó un incremento en la actividad de las células del epitelio mamario de vacas PP para la síntesis *de novo* (Enjalbert., y otros, 1998).

Estudios anteriores ya habían demostrado que hay una relación directa entre los AG trans octadecanoicos y la caída de la GL, de igual manera se encontró que el ALC expuesto en el abomaso también reduce la cantidad de GL en el PP. (Gervais., y otros, 2009). De manera consecuente se presentan teorías que sugieren que a partir de la biohidrogenación de los lípidos, y estableciendo que durante la ruta de biohidrogenación en el rumen se generan una serie de AG intermediarios, que pueden ser antagónicos e inhibidores de enzimas encargadas de la síntesis de GL (Bauman y otros, 2011). Esto se notó al observar que los AGI provocan cambios en la actividad microbiana del rumen, estos cambios afectan las rutas de biohidrogenación formando trans-10 y otros intermediarios que aparentemente inhiben la síntesis de GL (Mackle, y otros, 2003).

8. Suplementación con ácidos grasos sobre parámetros productivos (CC, CMS, PV) y reproductivos (cascada hormonal reproductiva)

El suministro de GSP a vacas con 20 semanas de lactancia, no hubo mostro disminución en parámetros como: CMS, variaciones en el peso y CC. Por otro lado, se incrementa o mantiene la PL en cuanto a cantidad mas no en la concentración de GL, desde el punto de vista reproductivo se presentó un rápido retorno al celo (Bernal-Santos., y otros, 2003).

En estudios con ovinos, se adicionaron 2,7% de AL proveniente de aceite de girasol a la dieta, como resultado hubo una baja de población de protozoarios en el rumen, sin embargo, se encontró un incremento en la conversión alimenticia y la ganancia diaria de peso (Ivan, y otros, 2001).

La inclusión de isómeros de ALC en el abomaso reduce considerablemente la composición de GL, pero por el contrario no afecta el CMS, el PV de los animales ni la CC (Baumgard., y otros, 2001) (Hutchinson, y otros, 2011). Resultados similares se encontraron al incluir isómeros de ALC en el abomaso reduciendo en un 25.4 el contenido de GL y en un 17% la producción de grasa, pero al contrario se notó que los consumos de energía neta, retenida en la leche y el balance energético animal no se vieron afectados. De igual manera en este último estudio no se presentó reducción en el peso del hígado, de la grasa del mesenterio y otras reservas de grasa (Van Soest., y otros, 2011).

Mediante la adición en la dieta de 90 g diarios de ALC, encontró que el consumo de materia seca y las concentraciones de glucosa plasmática siguieron igual durante el PPP. Sin embargo, al inicio de la lactancia se disminuyó la concentración de GL, pero la PL se mantuvo igual, así como la CC y el CMS (Bernal-Santos., y otros, 2003).

En resume se tiene que los AG deben suplir los requerimientos energéticos del animal en la etapa de transición sin tener que recurrir al desplazamiento de grasa que interfiera en la CC, PV y CMS entre otros. La alteración de estos parámetros se verá representada en una menor persistencia de la curva de lactancia y una mayor demora en el retorno al celo. Sin embargo para establecer diferencias en las vacas lactantes y el efecto de dietas con inclusión de GSP depende de la cantidad de isómeros en la dieta, el tiempo que llevan en suplementación, el estado en la curva de lactancia, la edad y la raza (Harvatiney., otros, 2009).

8.1 Efectos de la inclusión de Lípidos sobre parámetros reproductivos.

Durante el periodo que incluye la transición y las fases tempranas de lactancia, se presentan deficiencias en el consumo de energía que no cubren las demandas para el desarrollo fetal, síntesis de calostro y producción láctea. Como resultado se crea un efecto adverso sobre la fertilidad y el comportamiento reproductivo de los animales. La adición de grasas en la dieta es una alternativa para mejorar algunos procesos metabólicos, especialmente los que están relacionados con la síntesis de hormonas que modulan las funciones ováricas (Nebel y McGuillard, 1993).

Con respecto a la inclusión de GSP y la respuesta reproductiva hay una respuesta hormonal específicamente en la reproducción. Como ya se ha mencionado el aporte energético de los lípidos contribuye a la disminución de BEN durante la lactancia, esto se ve reflejado en el incremento de hormonas como la Hormona luteinizante y de la hormona Folículo estimulante a través de la hipófisis, lo cual concluye en un desarrollo folicular y posterior ovulación (Hernández y Díaz, 2011), como se observa en la figura 8.



Figura 8. Mecanismos de acción propuestos a través de los cuales la suplementación con ácidos grasos poliinsaturados puede afectar la función reproductiva.

En la figura 8 se asocia el incremento de colesterol y la fracción transportada como lipoproteína en la sangre a efectos sobre los ovarios y el útero, principalmente en el incremento de los niveles de Progesterona (P4) y la regulación en la producción de prostaglandinas (PGF_{2α}), respectivamente (Hernández y Diaz, 2011).

9. Metabolismo de lípidos en vacas de transición

El período de transición de las vacas lecheras es el momento en que el estado fisiológico cambia de gestación no lactante a no gestacional lactante, es decir, desde las 3 últimas semanas de gestación hasta las 3 semanas después del parto (Contreras y Sordillo, 2011). Desde este contexto se explica que independientemente del balance energético los cambios hormonales en esta etapa son bruscos. Dentro de estos cambios hay un incremento de la lactogénesis y una reducción de la progesterona provocando una oleada creciente de prolactina y de la hormona del crecimiento (HG), para ello hay una tendencia metabólica a favorecer la lipólisis y no la lipogénesis (Rivas., y otros, 2011).

Para ser más específico en el tema de transición se tiene que la vaca debe estar sin producir leche (seca) 60 días antes del parto. Acorde a esto se realiza una clasificación de vaca seca (primeros 45 o más días), seguido el periodo de transición o seco preparto (últimos 21 días previos al parto). En el periodo de lactancia se presenta también una transición post parto temprano o vaca fresca (primeros 21 días pos parto) para de esta manera continuar en lactancia inicial (hasta los dos meses), lactancia media (3 a 6 meses) y lactancia final (mes 7 al 10), (Sepulveda y Wittwer, 2017), como se observa en la figura 9.

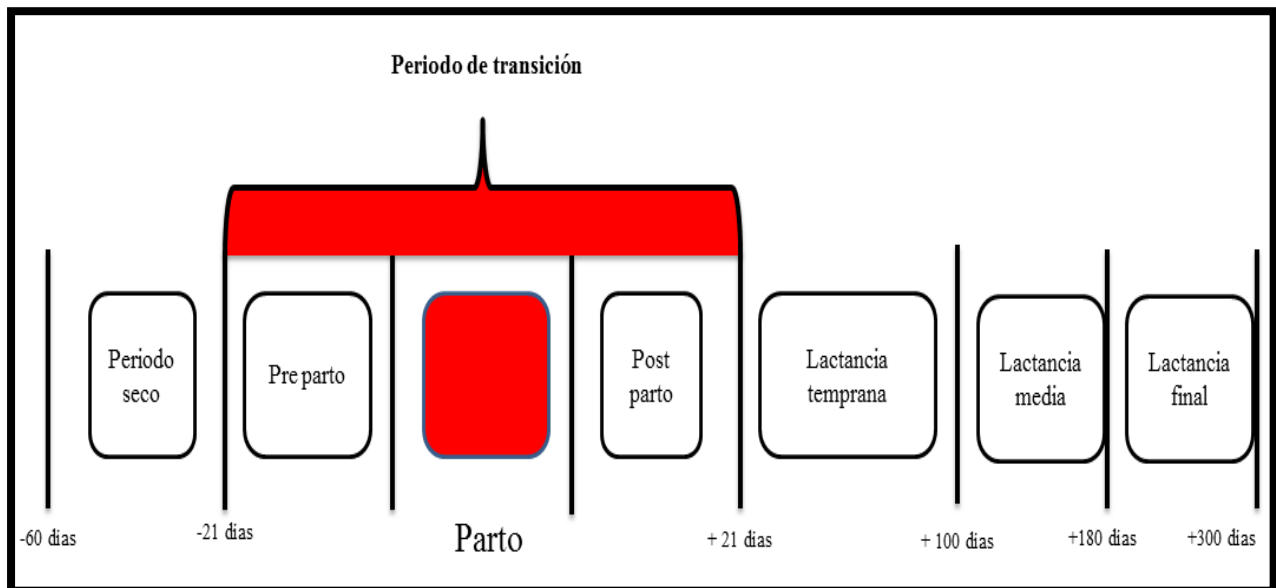


Figura 9. Etapas del ciclo productivo en vacas lecheras. Elaboración propia (2018).

La etapa de transición representa cambios extremos en el metabolismo y demanda energética de las vacas lecheras. Se expone una demanda tisular en el periodo de transición, la cual es suplida por la alimentación y la movilización de tejidos de reserva. Durante esta etapa hay grandes cambios hormonales y físicos que se suman al estrés del parto, causando una disminución del CMS, lo cual va en contra posición con la rápida exigencia de energía y nutrientes para la ubre y otros tejidos durante la etapa de transición (Barber y otros, 1997). El cambio metabólico y de consumo se observa en la figura 10.

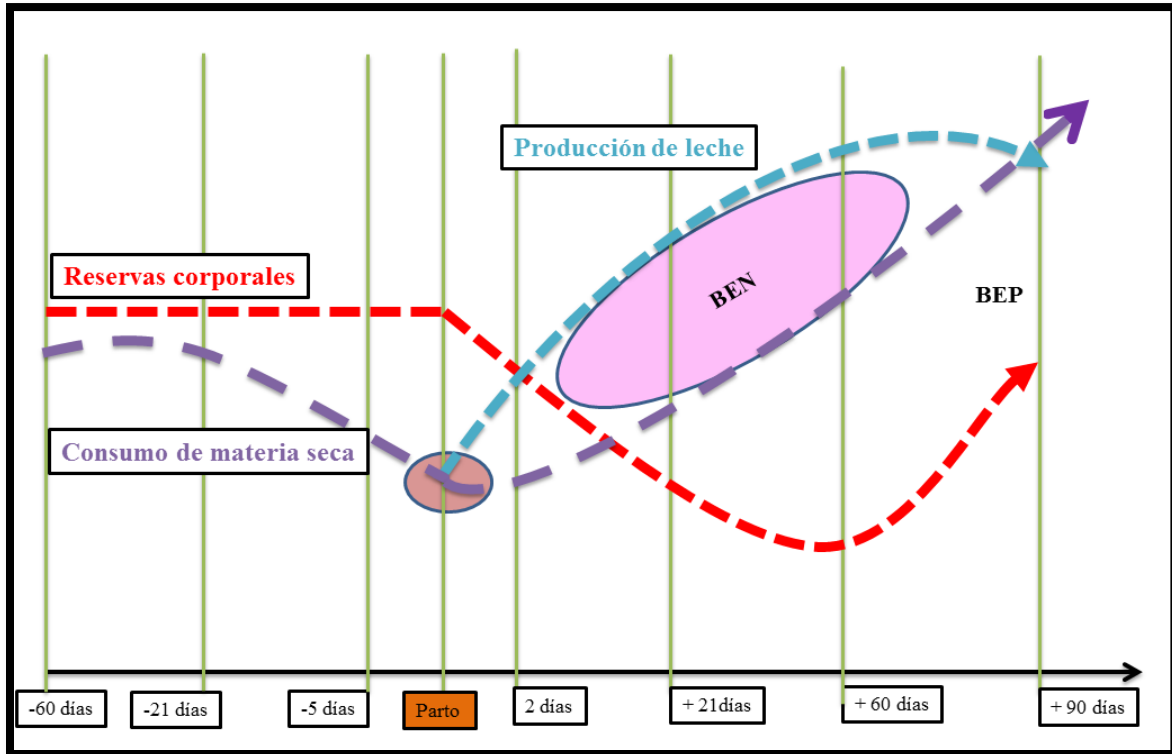


Figura 10. Comparativo de consumo, condición corporal, producción de leche y balances energéticos. Adaptado de (Barber, Clegg, & Travers, 1997)

De manera general la figura 10 muestra que durante los últimos días del periodo de secado se produce una disminución en el CMS hasta el punto de llegar al peri-parto consumiendo casi la mitad de lo que debe consumir una vaca en producción (Barber., y otros, 1997). Así, este consumo debe ser recuperado de manera acelerada para poder suplir los requerimientos en la lactancia temprana y media sin que la CC disminuya de manera significativa. De la misma imagen se deduce que la estabilización en el consumo de alimento además de prevenir problemas metabólicos en la transición y contribuir a alcanzar de manera más rápida los picos de producción (Galvis., y otros, 2007). Durante la etapa de transición la vaca incurre en un BEN que puede iniciar o manifestarse días antes del parto correlacionándose con la secreción de calostro. En el momento en que se empieza a sintetizar leche ocurre una gran demanda energética para dicha labor, pero como ya se mencionó el bajo consumo de alimento en relación a la creciente diaria de producción de leche, resulta en la movilización y utilización de las reservas corporales (tejido

adiposo y en algunos casos muscular), que puedan ser fuentes de energía suficiente para cubrir los requerimientos de la lactancia en las diferentes etapas hasta que la producción de leche empiece a disminuir y el consumo de alimento se incremente hasta sus valores normales (Meikle. , y otros, 2013).

10. Conclusiones

El balance energético negativo se manifiesta en especial en vacas lactantes de alta producción. Para mitigar este efecto se pueden ofertar dietas suplementadas con grasas protegidas o sobre pasantes como alternativa a la demanda energética de las vacas, ya que, en esta etapa productiva los requerimientos energéticos son altas para la síntesis o producción de leche. Las grasas sobre pasantes son ricas en ácidos grasos insaturados y por ser protegidas, previenen la saturación ruminal y pasan a ser absorbidos en intestino delgado. El suministro de grasas protegidas hasta en un 5% de la MS no afecta el consumo ni la digestibilidad de la fibra favoreciendo su forma de uso en alimentación de rumiantes.

11. Referencias

- Aguilar, J., Mota, D., Escalona, H., Trujillo, H., & Guerrero, I. (2014). Efecto de dietas con ácidos grasos poliinsaturados. *Agrociencia*, 777-788.
- Anantasook, M., Wanapat, A., Cherdthong, F., & Gunun, P. (2013). Effect of Plants Containing Secondary Compounds with Palm Oil on Feed Intake, Digestibility, Microbial Protein Synthesis and Microbial Population in Dairy Cows. . *J. Anim. Sci.*, Vol 26, 820-826.
- Angulo, J., Mahecha, L., & Olivera, M. (2009). Síntesis, composición y modificación de la grasa de la leche bovina: Un nutriente valioso para la salud humana. *Grupo de investigación Biogénesis. Rev MVZ*, 45-67.
- Barber, M., Clegg, R., & Travers, M. (1997). Lipid metabolism in the lactating mammary gland. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)*, Vol 1347, 101-126.

- Bauchart, D. (1993). Lipid absorption and transport in ruminants. *J. Dairy Sci.*, 76: 3864-3881.
- Bauman, D., & Lock, A. (2016). Concepts in lipid digestion and metabolism in dairy cows. *Tri-State Dairy Nutrition Conference*.
- Bauman, D., & Lock, P. (2016). Concepts in lipid digestion and metabolism in dairy cows. . *Tri-State Dairy Nutrition Conference*.
- Bauman, D., Harvatine, J., & Lock, L. (2011). Nutrigenomics, rumenderived bioactive fatty acids, and the regulation of milk fat. *Annu Rev Nutr*, 299-319.
- Bauman, D., Perfield, I., Veth, M., & Lock, A. (2003). New perspectives on lipid digestion and metabolism in ruminants. *Proc. Cornell Nutr. Conf.*, 175-189.
- Baumgard, H., Sangster, J., & Bauman, D. (2001). Milk fat synthesis in dairy cows is progressively reduced by increasing supplemental amounts of trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid (CLA). *J Nutr*, 131:1764-1769.
- Beigh YA, G. (2017). Prospects of complete feed system in ruminant feeding: A review. . *Veterinary World*, 10(4), 424-437.
- Bernal-Santos, G., Perfield, W., Barbano, D., Barbano, D., Bauman, D., & Overton, T. (2003). Production responses of dairy cows to dietary supplementation with conjugated linoleic acid (CLA) during the transition period and early lactation. *J Dairy Sci*, 86: 106-135.
- Broudiscou, L., Pochet, S., & Poncet, C. (1994). Effect of linseed oil supplementation on feed degradation and microbial synthesis in the rumen of ciliate free and refaunate sheep. *Anim. Feed. Sci*, 189-202.
- Castillo, J., Olivera, A., & Carulla, F. (2013). Descripción del mecanismo de la biohidrogenación en el rumen de ácidos grasos poliinsaturados: una revisión. *Rev. U.D.CA Act. & Div. Cient*, 16(2): 459-468.
- Chilliard, Y., Ferlay, A., Mansbridge, R., & Doreau, F. (2002). Ruminant milk fat plasticity: nutritional control of saturated, polyunsaturated, trans and conjugated fatty acids. *Annales de zootechnie*, 49 (3) 181-205.

- Clegg, R., Barber, M., Pooley, L., Ernens, I., Larondelleb, T., & Traversa, M. (2001). Milk fat synthesis and secretion: molecular and cellular aspects. *Livest Prod Sci* 2001, 70:3–14.
- Contreras , G., & Sordillo , L. (2011). Lipid mobilization and inflammatory responses during the transition period of dairy cows. *Comp Immunol Microbiol Infect Dis.* , 1-9.
- Correa , H. J. (2011). EFECTO DEL MANEJO DEL PASTOREO Y LA SUPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA EN VACAS LACTANTES DE SISTEMAS ESPECIALIZADOS SOBRE SU METABOLISMO ENERGÉTICO Y PROTEICO Y EL CONTENIDO DE PROTEÍNA EN LA LECHE . *EFECTO DEL MANEJO DEL PASTOREO Y LA SUPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA EN VACAS LACTANTES DE SISTEMAS ESPECIALIZADOS SOBRE SU METABOLISMO ENERGÉTICO Y PROTEICO Y EL CONTENIDO DE PROTEÍNA EN LA LECHE* . Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Dobson, H. S. (2007). The high producing dairy cow and its reproductive performance. *Reprod Domest Anim.* 42(Suppl 2), 17.23.
- Dobson, H., Smith, R., Royal, M., & Sheldon , J. ((2007)). The high producing dairy cow and its reproductive performance. *Reprod Domest Anim*, 42(Suppl 2): 17–23.
- Doreau , M., & Ferlay., A. (1994). Digestion and utilisation of fatty acids by ruminants. . *Anim. Feed. Sci. Technol.* , 45: 379-396.
- Doreau , M., Laverroux , S., Normand , J., Chesneau , G., & Glasser, F. (2009). Effect of linseed fed as rolled seeds, extruded seeds or oil on fatty acid rumen metabolism and intestinal digestibility in cows. *Publi med*, 53-62.
- Doreau, M., & Chilliard, Y. (1997). Digestion and metabolism of dietary fat in farm animals. . *Br. J. Nutr.* , 78 (Supp. 1): S15-S35.
- Doreau, M., & Ferlay, A. (1994). Digestion and utilisation of fatty acids by ruminants. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, 45: 379-396.
- Doreau, M., & Ferlay, A. (1994). Digestion and utilisation of fatty acids by ruminants. . *Anim. Feed. Sci. Technol.*, 45: 379-396.

- Drackley, J. (2008). Calf nutrition from birth to breeding. *Publimed*, 55-86.
- Duarte, J., & Castañeda, R. (2016). Grasa sobrepasante: Aplicaciones y su proceso de obtencion para la alimentación de rumiantes en el trópico. *Rev Colombiana de Ciencias Animales*, 8 (2): 228-242.
- Enjalbert, F., Nicot, M., Bayourthe, C., & Moncoulon. (1998). Odenal Infusions of Palmitic, Stearic or Oleic Acids Differently Affect Mammary Gland Metabolism of Fatty Acids in Lactating Dairy Cows. *J Nutr*, 25-32.
- Ferraro, S., Mendoza, G., Miranda, L., & Gutierrez. (2009). In vitro gas production and ruminal fermentation of glycerol, propylene glycol and molasses. *Animal feed science and Technology*, 112-118.
- Gagliostro, G., Vidaurreta, L., Schroeder, G., Rodriguez, A., & Gatti, P. (2002). Incrementando los. *Rev. Arg. Prod. Anim*, 59-60.
- Galvis, R., Agudelo, D., & Saffon, A. (2007). Condición corporal, perfil de lipoproteínas y actividad ovárica en vacas Holstein en lactancia temprana. *Rev Col Cienc Pec*, 20 (1): 16-29.
- García, C., Montiel, R., & Borderas, T. (2014). Grasa y proteina de la vaca: componentes, síntesis y modificacion. *Archivos de Zootecnia*, 85-105.
- García, C., Montiel, R., & Borderas, T. (2014). GRASA Y PROTEÍNA DE LA LECHE DE VACA: COMPONENTES, SÍNTESIS Y MODIFICACIÓN. *Arch. Zootec*, 85-105.
- Gervais, R., Mc Dadden, J., Lengi, A., Corl, B., & Chouinard, P. (2009;92). Effect of intravenous infection of trans-10, cis-12 18:2 on mammary lipid metabolism in lactating dairy cows.. *Diario de Ciencia*, 5167-5177.
- Harfoot, C., & Hazlewood, G. (1998). Lipid metabolism in the rumen. In: P.N. Hobson, editor, The rumen microbial ecosystem. *Elsevier Applied Science, NY, USA.*, 285-322.
- Harvatine, K., Boisclair, Y., & Bauman, D. (2009). Recent advances in the regulation of milk fat synthesis. *Animal*, 40-54.

- Hernández, R., & Diaz, T. (2011). Las grasas sobrepasantes y su efecto sobre la actividad productiva y reproductiva en rumiantes. *Innovacion y Tecnologia en la Ganaderia Doble Propósito. Ediciones Astro Data S.A.*, 333-343.
- Hutchinson, I., De Veth, M., Stanton, C., Dewhurst, R., Lonergan, P., Evans, A., y otros. (2011). Effect of lipid-encapsulated conjugated linoleic acid supplementation on milk production, bioenergetic status and indicators of reproductive performance in lactating dairy cows. . *J Dairy Res* , 78:308-317. .
- Ibeagha- Awemu, E., Ammah, A., Dudemaine, P., Bissonnette, N., Benchaar, N., & Xin, Z. (2016). Transcriptome adaptation of the bovine mammary gland to diets rich in unsaturated fatty acids shows greater impact of linseed oil over safflower oil on gene expression and metabolic pathways. *BMC Genomics*, 17: 104.
- Ivan, M., Mir, P., Koenig, K., Rode, L., Neil, L., Entz , T., y otros. (2001). Effects of dietary sunflower oil in rumen protozoa population and tissue concentration of conjugated linoleic acid in sheep. *Small Ruminant Res*, 41:215-227.
- Jenkins, T., Wallace, R., Moate, P., & Mosley, E. (2008). Jenkins., T. Wallace., R. Moate, P. Mosley., E. Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. *J. Anim. Sci.*, 86: 397-412.
- Knudsen, J., & Grunnet, I. (1982). Transacylation as a chain-termination mechanism in fatty acid synthesis by mammalian fatty acid synthetase. Synthesis of medium-chain-length (C8-C12) acyl-CoA esters by goat mammary-gland fatty acid synthetase. *Biochemical Journal*, 139-143.
- Lucy, M. (2003). Mechanisms linking nutrition and reproduction in postpartum cows. *Reproduction Suppl.*, 61:415-427.
- Mackle, T., Kay, J., Auldist, M., Mc Gibbon, A., Philpott, B., Baumgard, L., y otros. (2003). Effect of abomasal infusion of conjugated linoleic acid on milk fat concentration and yield from pasture-fed dairy cows. *J Dairy Sci*, 644-652.
- Martínez , A., Pérez, M., Pérez, L., Gomez, G., & Carrion, D. (2010). Metabolismo de los lípidos en los rumiantes. *REDVET. Revista electrónica de Veterinaria. Volumen 11 Número 08.*

- Mc Donald , P., Edwards, R., Greenhalgh, J., & Morg, G. (2006). *Nutrición Animal. Acribia.* , 616 pp.
- Meikle , A., Cavestany , D., Carriquiry , M., Adrien , M., Artegoitia, V., Pereira , I., y otros. (2013). Avances en el conocimiento de la vaca lechera durante el período de transición en Uruguay: un enfoque multidisciplinario. *Agrociencia Uruguay - Volumen 17* , 1:141-152 .
- Moioli, B., Contarini, G., Avalli, A., Catillo, G., Orru, L., De Matteis, G., y otros. (2007). Effect of stearoyl-coenzyme A desaturase polymorphism on fatty acid composition of milk. *J Dairy Sci*, 3553-3558.
- Montgomery, S., Drouillard, J., Nagaraja, T., & Titgemeyer, E. (2008). Effects of supplemental fat source on nutrient digestion and ruminal fermentation in steers. *J. Anim. Sci*, vol. 86, 640-650.
- Mordak, R. S. (2015). Periparturient stress and immune suppression as a potential cause of retained placenta in highly productive dairy cows: examples of prevention. . *Acta Veterinaria Scandinavica*, 57-84.
- Nebel , R., & McGuillard, M. (1993). Interactions of high milk yield and reproductive performance in dairy cows. *J Dairy Sci.* .
- Noble, R. (1978). Digestion, absorption and transport of lipids. *Prog. Lipid Res.* , 17: 55-91.
- Osorio, J., & Vinazco, J. (2010). Metabolismo lipídico bovino y su relación con la dieta, condición corporal, estado productivo y patologías asociadas. *Biosalud*, 56 - 66.
- Palmquist, D., & Jenkins, T. (2003). Challenges with fats and fatty acids methods. *J. Anim. Sci.*, 81: 3250-3254.
- Peterson, D., D. Matitashvilli, E., & Bauman, D. (2004). The inhibitory effect of trans-10 cis- 12 CLA on lipid synthesis in bovine mammary epithelial cells involves reduced proteolytic activation of the transcription factor SREBP-1. *J nutr*, 134 (10):252.
- Piperova., L., Sampugna, J., Teter, B., Kalscheur, B., Yurawecz, M., Ku, Y., y otros. (2002). Duodenal and milk trans octadecenoic acid and conjugated linoleic acid (CLA) isomers

indicate that postabsorptive synthesis is the predominant source of cis-9 containing CLA in lactating dairy cows. *Nutrition*, 132.

Plascencia, A., Mendoza, G., Vásquez, C., & Zinn, P. (2005). Plascencia., A. Factores que influyen en el valor nutricional de las grasas utilizadas en las dietas para bovinos de engorda en confinamiento: una revisión. *Interciencia*, 30: 134-142.

Relling, A. E., & Mattioli, G. A. (2003). Fisiología Digestiva y Metabólica de los Rumiantes. . *La Plata: EDULP.*, 60-85.

Relling, A., & Mattioli, G. (2003). Fisiología Digestiva y Metabólica de los Rumiantes. *La Plata: EDULP.*, 19-33.

Relling, A., Pinos, M., & Matioli, A. (2011). Un acercamiento a la relación de las hormonas gastrointestinales en el consumo de alimentos en rumiantes. *Agrociencia*, 561-572.

Rivas , P., Suárez , A., & Ramírez, E. (2011). Influencia de las hormonas metabólicas y la nutrición en el desarrollo folicular en el ganado bovino. *Revista de Medicina Veterinaria, ISSN 0122-9354,* 155-173.

Ruspoli, E. (2015). tesis doctoral. *Síntesis endógena de ácidos grasos en la glándula mamaria y síndrome de baja grasa en la leche en ovejas*. Leon: Universidad de Leon.

Sanz, M., Pérez, M., Martín, J., & Amigo, L. (2002). Sanz, M. R., Pérez, L., Martín, J.J., Amigo, L., Boza, J. (2002). Effects of concentrates with different contents of protected fat rich in PUFAs on the performance lactating Granadina goats: Part II. Milk production and composition. . *Small Ruminant Research*.

Sauvant, D., & Bas, P. (2001). La digestion des lipides chez le ruminant. . *INRA Prod. Anim.*, 14: 303-310.

Sepulveda, P., & Wittwer, F. (2017). *PERÍODO DE TRANSICIÓN: IMPORTANCIA EN LA SALUD Y BIENESTAR DE VACAS LECHERAS*. Valdivia, Chile : Universidad Austral de Chile.

Shingfield, K., Bernard, L., Leroux, C., & Chilliard, Y. (2010). Role of trans fatty acids in the nutritional regulation of mammary lipogenesis in ruminants. *Animal.*, 4:7, 1140–1166.

- Sinclair, D., Weerasinghe, M., Wilkinson, R., De Veth, M., & Bauman, D. (2010). A supplement containing trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid reduces milk fat yield but does not alter organ weight or body fat deposition in lactating ewes. *J Nutr.*
- Tanaka, K. (2005). Occurrence of conjugated linoleic acid in ruminant products and its physiological functions. *Animal Science Journal*, 291-303.
- Tyagi, K., N., Thakur, S., & Shelke, S. (2010). Effect of bypass fat supplementation on productive and reproductive performance in crossbred cows. *Tropical Animal Health and Production*, 1749-1755.
- Valencia, D. (2013). Efecto de la suplementación de dietas para vacas lecheras con glicerina cruda, sobre algunos parámetros de la fermentación ruminal, producción y calidad composicional de la leche. . *Efecto de la suplementación de dietas para vacas lecheras con glicerina cruda, sobre algunos parámetros de la fermentación ruminal, producción y calidad composicional de la leche.* . Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Van Cleef, H., Uwituzze, S., & Drouillard, J. (2011). 2011a. Effects of. *Journal of Animal Science*, 89, 613.
- Van Nevel, C., & Demeyer, D. (1995). Lipolysis and biohydrogenation of soybean oil in the rumen in vitro: inhibition by antimicrobials. *J Dairy Sci.*, 78: 2797-2806.
- Van Soest, D., Meyer, U., Weber, E., Rehage, J., Flachowsky, G., & Dänicke, S. (2011). Effect of trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid on performance, adipose depot weights, and liver weight in early-lactation dairy cows. *J Dairy Sci* , 94:2859-287.
- Webster, J. (2017). Achieving sustainable production of milk. . *Cambridge: Burleigh Dodds Science Publishing.*, 20-25.