



LAS GRASAS SOBREPASANTES Y SU EFECTO SOBRE LA ACTIVIDAD PRODUCTIVA Y REPRODUCTIVA EN RUMIANTES

Rolando Hernández y Thaís Díaz

Publicado en: Innovación & Tecnología en la Ganadería Doble Propósito, de la Fundación GIRARZ, C. González-Stagnaro, N. Madrid-Bury y E. Soto Belloso (eds). Ediciones Astro Data S.A. Capítulo XXXIII. Pp: 333-343. 2011. ISBN 978-980-6863-10-1

INTRODUCCIÓN

El éxito de los sistemas de producción de carne y de leche con bovinos depende, en gran medida, de un desempeño reproductivo eficiente del rebaño. En este contexto, el componente nutricional es uno de los factores que más impacto tiene sobre la ganadería tropical. Los sistemas de producción en nuestro país, se desarrollan en su mayoría bajo condiciones de suelos pobres, con dos épocas climáticas bien diferenciadas por el exceso y déficit hídrico, que traen como consecuencia deficiencias marcadas en la cantidad y calidad del forraje disponible para nuestros vacunos, traduciéndose en indicadores productivos y particularmente reproductivos muy deficientes, siendo muy común encontrar valores de eficiencia reproductiva no mayores al 40-45%, tasas de preñez en vacas de primera lactancia del 30%, el anestro postparto para vacas oscila entre 150-210 d, y una mortalidad embrionaria temprana en vacas lactantes que está alrededor de 30%.

Adicionalmente, la vaca lactante, de leche, carne o doble propósito, durante el postparto temprano, presenta un desfase entre la cantidad de energía que consume y la que requiere, traduciéndose en que al momento de máximos requerimientos, la vaca no logra cubrir sus exigencias nutricionales, lo que provoca la movilización masiva de sus reservas corporales, particularmente energía, generando un estado conocido como el Balance Energético Negativo (BEN), lo que puede traer efectos deletéreos sobre la producción de leche, la salud y el desempeño reproductivo.

En épocas recientes, se ha hecho énfasis en la utilización de la grasa sobrepasante como una estrategia alimenticia para disminuir estos problemas. El desarrollo de grasas inertes a nivel ruminal, no solo permite su utilización en una mayor proporción, sin tener los efectos detrimentales de las grasas activas, sino que da un aporte energético importante para cubrir los requerimientos

nutricionales de dicho nutriente. En caso que la grasa sobrepasante sea elaborada con fuentes ricas en ácidos grasos poliinsaturados, permitirá la incorporación de ácidos grasos esenciales, los cuales aportan efectos no energéticos, beneficiosos, de gran importancia para la producción de leche, la reproducción y hasta efectos nutracéuticos que podrían ayudar a mejorar la salud humana.

EL PROBLEMA DE LA VACA DURANTE EL POSTPARTO TEMPRANO

Un adecuado estatus nutricional es necesario para una exitosa función productiva y reproductiva. Es muy común en nuestros sistemas de producción que la vaca alrededor del parto tenga una baja condición corporal, debido a la poca disponibilidad y calidad de los forrajes, relacionado además con disminución en el consumo de materia seca. Esto se traduce en un desbalance energético, al que el animal responde movilizando sus reservas corporales, lo que conduce a fallas reproductivas que alargan el anestro postparto. Además, se presenta el efecto negativo del amamantamiento sobre la reproducción, lo que trae como consecuencia, que en condiciones tropicales, la eficiencia reproductiva no supere el 45% (Díaz, 2009).

El balance energético en un animal, es la diferencia entre la cantidad de energía que ingiere y la cantidad de energía que se gasta (Beam y Butler, 1999). El balance energético de una vaca después del parto está influenciado por la producción de leche, no obstante, esto no quiere decir que las vacas más productoras tengan un balance energético negativo mayor, pues uno de los factores que mayormente determina el balance de energía, es la ingestión de la misma (Bach, 2001).

Durante el período postparto, la hembra debe cumplir varias funciones fisiológicas, entre las cuales la lactación es una de las funciones que mayor demanda energética tiene, disminuyendo la disponibilidad de energía para que se lleven a cabo otras funciones tales como: la involución uterina y el reinicio de la actividad cíclica ovárica, evento que marca el fin del puerperio. La mayoría de los problemas de salud y reproductivos en vacas de leche de alta producción, ocurren durante la lactancia temprana y han sido relacionados con el balance energético negativo (Montaño y Ruiz, 2005). Este fenómeno se puede presentar en las vacas de carne y de doble propósito con mala condición corporal al momento del parto y con desbalances nutricionales durante el postparto.

El balance energético negativo (BEN) hace que el animal responda destinando los nutrientes hacia las funciones vitales prioritarias, tales como la lactación, dejando en un segundo plano la actividad reproductiva. A este fenómeno se le conoce como partición de nutrientes, y en el mismo tienen preferencia las funciones de mantenimiento, lactación y recuperación de peso, sobre las actividades reproductivas, tales como: involución uterina, reinicio de la actividad cíclica ovárica, concepción y la generación de una nueva gestación.

Las vacas que durante el postparto tengan un mayor BEN, presentarán mayores fallas reproductivas. Al respecto, Bach (2001) indica que un BEN durante el principio de la lactación, puede afectar negativamente el desarrollo folicular ovárico. Al parecer, este efecto ocurre debido a que el estrés derivado del BEN, genera disminución en la secreción de la hormona luteinizante (LH) y por lo tanto folículos antrales, que dependen de la concentración y secreción pulsátil de LH, no pueden crecer y madurar y terminan en atresia. Beam y Butler (1999) señalan que el BEN experimentado por la vaca durante el postparto temprano, disminuye la secreción pulsátil de LH, lo cual genera un retraso en el reinicio de la actividad cíclica ovárica. Se asume que esta disminución en LH, es consecuencia directa de baja secreción de la hormona estimuladora de las gonadotrofinas (GnRH) a nivel hipotalámico.

La disminución de los niveles de GnRH durante el período en el cual existe BEN, parece estar relacionada con la leptina, hormona secretada por el tejido adiposo que regula varias funciones metabólicas, entre las cuales destacan el consumo y la reproducción. La leptina participa en la regulación de la reproducción, mediante la modulación de la cantidad de energía presente en las reservas corporales que se dirigen a las funciones reproductivas y a través de la estimulación de la secreción de GnRH (Hoggard *et al.*, 1998). Se piensa, que al ser la leptina una hormona secretada por el tejido adiposo, la concentración de ésta en sangre, es mayor cuanto mayor sea la proporción de grasa corporal (o la condición corporal).

Obtener una evaluación cuantitativa del balance energético es un proceso complejo, ya que se requiere determinar el peso del animal (y su evolución en el tiempo), la ingesta diaria, y la cantidad y composición de la leche que se produce por día. Debido a esto, es común la utilización de la condición corporal como una medida del balance energético del animal. Al respecto, Bach (2001) menciona que la condición corporal es una herramienta sencilla, rápida y económica, que tiene como objetivo cuantificar el nivel de reservas energéticas corporales y que cuando la pérdida de esta durante el periodo postparto es severa (más de 1 punto de condición corporal), aumentan el intervalo parto–primera ovulación postparto, el intervalo parto–primer celo postparto, el número de servicios por concepción y por lo tanto los días vacíos. En el caso de las vacas de carne, se considera que un nivel de condición corporal de 5 (escala de 1 al 9) es el mínimo recomendado, para garantizar un buen desempeño reproductivo durante el período postparto temprano, mientras que en ganado de leche y doble propósito se considera una condición corporal de 2,5 (escala de 1 a 5) como el valor limitante (Garmendia, 2002).

Una vez que la vaca pare, se inicia un estado de alta demanda de nutrientes para poder satisfacer las necesidades nutricionales para la producción de leche. Esta serie de cambios en la vaca alrededor del parto se conoce como período de transición, el cual se extiende desde 3 semanas antes del parto hasta 3 semanas después del mismo. El período de transición es una etapa durante la cual ocurren rápidos incrementos en los requerimientos energéticos, además de cambios metabólicos y endocrinos (Rodríguez, 2006). El aspecto más sobresaliente de la

fase de transición son los cambios drásticos que se presentan en la demanda de nutrientes, en un lapso tan breve como es el tránsito de vaca seca a vaca lactante (Gallo, 2009; Figura 1).

Uno de los agravantes en el período de transición, es una reducción en el consumo de alimentos, que ocurre durante las semanas finales de la gestación, cuando se incrementa el requerimiento de nutrientes para soportar el máximo crecimiento fetal y el inicio de la síntesis láctea. Al final de la gestación, las demandas energéticas se elevan entre 30 – 50% con respecto a los requerimientos de mantenimiento (Gallo, 2009).

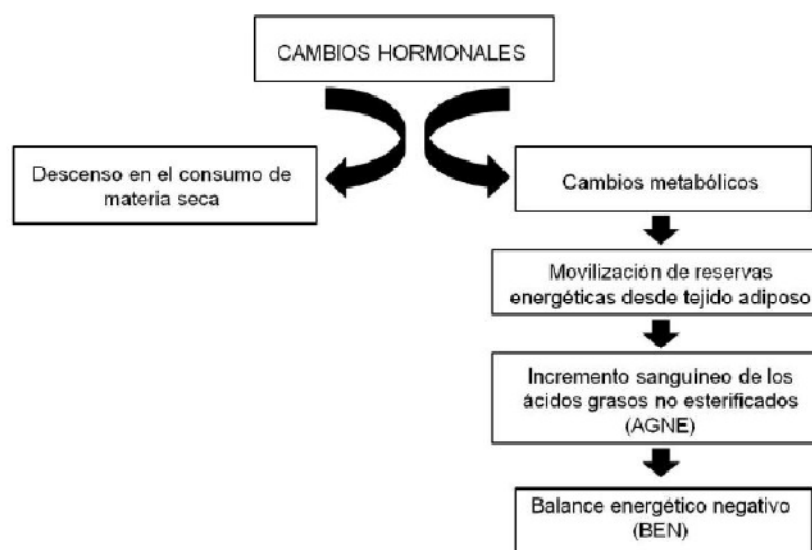


Figura 1.- Interacción entre la reducción del consumo y los cambios hormonales en la vaca durante el período de transición. Adaptado de Gallo (2009).

Uno de los principales problemas reproductivos en la vaca lactante es la mortalidad embrionaria temprana (30%), que en la mayoría de los casos está asociada a desbalances nutricionales (Bach, 2001). En el trópico, el período postparto de las vacas lactantes se caracteriza, en la mayoría de los casos, por inactividad ovárica y ausencia de celo (Díaz, 2009). Al respecto, Montañó y Ruiz (2005) mencionan que en condiciones tropicales, vacas *Bos indicus* manifiestan un anestro postparto más prolongado que las vacas *Bos taurus*, alcanzando valores de hasta 150-210 d. Díaz (2009) señala que períodos de anestro postparto mayores a 150 d, son comunes en hembras *Bos indicus* en climas tropicales.

Un caso particular es la vaca de primera lactancia o vaca de primer parto, ésta es un animal en el cual los factores que afectan el período postparto tienen mayor influencia, debido probablemente a mayores demandas desde el punto de vista metabólico. Una vaca de primer parto posee una alta carga fisiológica, debido a las necesidades nutricionales que debe cubrir para lactación, seguir su crecimiento y recuperación de la gestación y parto. Sin embargo, las funciones reproductivas

son colocadas en último lugar para la distribución de nutrientes, por lo que las vacas de primera lactancia en condiciones tropicales se ven sometidas a largos periodos de anestro, lo que trae como consecuencia, bajos índices reproductivos, siendo las tasas de preñez generalmente menores a 30% (Díaz *et al.*, 2009). Lo anterior indica que, la vaca de primer parto es el animal del rebaño con más restricciones nutricionales por sus altos requerimientos, por lo tanto, es más susceptible a sufrir fallas reproductivas durante el periodo postparto.

En resumen, se puede decir que el balance energético de la vaca alrededor del parto (período de transición) y la condición corporal al momento del mismo, pueden influenciar el desempeño reproductivo, afectando el ciclo estral, siendo la vaca de primer parto el animal más susceptible a desbalances en los niveles de energía, por sus altos requerimientos nutricionales. Al parecer, este efecto se debe a modificaciones en el patrón de secreción de las gonadotrofinas (particularmente LH). Asimismo, se han descrito efectos directos, a nivel ovárico, que pueden modificar el crecimiento y desarrollo folicular, relacionados con hormonas metabólicas (insulina, leptina, IGF-I, GH). Adicionalmente, el estatus energético puede determinar la calidad y viabilidad del óvulo y la actividad esteroidogénica del cuerpo lúteo.

En el balance energético, los lípidos juegan un papel fundamental, así Drackley (1999) señala que un área clave de la biología, durante el postparto, en la vaca, es el metabolismo lipídico. Por lo tanto, manejando el estatus nutricional de la vaca con la suplementación con grasas, se puede influenciar el desempeño reproductivo, no solo por su efecto energético *per se*, sino también por efectos específicos de los ácidos grasos sobre la reproducción (efectos no calóricos o no energéticos). A finales del siglo XX e inicio del presente siglo, la investigación sobre la utilización de lípidos en la dieta de rumiantes se ha incrementado notablemente, sobre todo en cuanto al efecto que estos compuestos tienen sobre la actividad reproductiva de las vacas durante el postparto, orientándose los primeros ensayos al papel que puede jugar la grasa como aporte energético de la ración, y su significancia en la disminución del BEN postparto. Más recientemente, la investigación se ha dirigido hacia los efectos no energéticos que puede tener la utilización de lípidos en la dieta, en especial, el efecto que pueden tener los ácidos grasos Omega (ω)6 y ω 3 sobre la síntesis de algunas hormonas reproductivas.

LAS GRASAS EN LA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES

Las grasas son importantes en la alimentación de los rumiantes por su alto contenido energético. Así, la combustión completa de un gramo de grasa produce alrededor de 9,45 Kcal de energía neta, mientras que un carbohidrato típico genera alrededor de 4,4 Kcal. Por lo que, los lípidos en general aportan 2,25 veces más energía que las fuentes tradicionales de la misma. Pero no solo es importante considerar el aporte energético de las grasas en la dieta, sino también por las vitaminas liposolubles y los ácidos grasos esenciales que aportan. Las grasas forman parte de un grupo de moléculas orgánicas llamadas lípidos, los cuales cumplen muchas funciones en el organismo animal, que van desde funciones

estructurales (formando parte de las membranas celulares), funciones hormonales (algunas hormonas son de naturaleza lipídica: estradiol, progesterona, testosterona, entre otras) y hasta funciones inmunológicas. Asimismo, algunas vitaminas (A, D, E y K) son de naturaleza lipídica.

Los ácidos grasos linoleico y linolénico (Omega 6 y Omega 3, respectivamente) no pueden ser sintetizados por los tejidos animales, por lo tanto deben ser incorporados en la dieta (Jenkins, 2004). Estos dos ácidos grasos (AG) son conocidos como esenciales en la alimentación animal, debido a que son requeridos para múltiples procesos metabólicos. Los ácidos grasos Omega pertenecen a una de las tres familias Omega: ω -9, ω -6 y ω -3 (Cuadro 1). Cada familia tiene un ácido graso parental, que puede ser convertido en otros ácidos biológicamente activos dentro de la misma familia ω . Así, para la familia ω -9 el ácido parental es el oleico, para la ω -6 es el linoleico y para la omega-3 es el ácido linolénico.

Cuadro 1.- Ácidos grasos parentales y principales metabolitos dentro de cada familia omega (ω).

Designación de la familia	Ácido graso parental	Metabolito Principal
$\omega - 9$	C 18:1 ω -9; Ácido oleico	C 20:3 ω -9; ácido eicosatrienoico
$\omega - 6$	C 18: 2 ω -6; Ácido linoleico	C 20:4 ω -6, ácido araquidónico
$\omega - 3$	C 18:3 ω -3; Ácido linolénico	C 20:5 ω -3, ácido eicosapentanoico C 22:6 ω -3, ácido docosahexanoico

(Adaptado de Jenkins, 2004.)

Las fuentes de lípidos en los sistemas de alimentación con rumiantes son los forrajes, cereales, semillas de oleaginosas, subproductos de la industria, como son los sebos, las grasas amarillas, mezclas de grasas animales y vegetales, grasa hidrogenada, aceite de palma africana y jabones cálcicos. Los forrajes tropicales son relativamente bajos en su contenido de lípidos, rara vez superando el 1,5% de la materia seca de la dieta.

Tanto los aceites como las grasas, pertenecen al grupo de los lípidos, la diferencia consiste en que los primeros son líquidos a temperatura ambiente, mientras que las grasas son sólidas. Asimismo, las grasas generalmente son de origen animal

(sebos), mientras que la mayoría de los aceites son de origen vegetal (excepto el aceite de pescado). Las grasas poseen altos niveles de ácidos grasos saturados, mientras que los aceites contienen una mayor cantidad de AG poli-insaturados.

Las grasas y aceites poseen limitaciones al momento de ser incorporados en la alimentación de los rumiantes. En este sentido, se ha reportado que niveles > 5% de la materia seca producen disminución del consumo. Al respecto, Jenkins (1993) y Palmquist (1996) mencionan algunas de las posibles maneras de cómo las grasas pueden reducir el consumo:

- Menor utilización de la fracción fibrosa por parte de los microorganismos del rumen, lo cual se atribuye entre otros factores, a la formación de una película de grasa que aísla la superficie de la fibra, previniendo de esta manera el ataque enzimático y bacteriano, por lo que se afecta el proceso fermentativo en el rumen.
- Disminución de la actividad microbiana por adsorción de la grasa a la superficie de la membrana bacteriana.
- Eventual formación de jabones cálcicos o magnésicos en el rumen, que disminuyen la disponibilidad de minerales esenciales para la actividad fermentativa del rumen.
- Eliminación de una fracción de la población microbiana, por posibles efectos tóxicos de algunos ácidos grasos poli-insaturados, especialmente sobre las bacterias celulolíticas.

Lo anterior genera una reducción del crecimiento microbiano ruminal, lo que se traduce en una alteración en la producción de ácidos grasos volátiles en el rumen, con consecuencias sobre la relación acético:propiónico y disminución en la cantidad de acético disponible para la producción de grasa en la glándula mamaria. En el caso particular de los ácidos grasos insaturados, una vez libres en el rumen, sufren un proceso de hidrogenación masiva conocido como biohidrogenación (Jenkins, 1993), el cual consiste en la incorporación de átomos de hidrógeno en los dobles enlaces, transformando así los ácidos grasos insaturados en saturados. Así, AG insaturados como el oleico (C18:1), linoleico (C18:2, ω -6) y linolénico (C18:3, ω -3), son transformados en el AG esteárico (C18:0). Los ácidos eicosapentanoico (C20:5, ω -3) y docosahexanoico (C22:6, ω -3) sufren muy poca hidrogenación en el rumen (Mattos *et al.*, 2000). Estos dos ácidos grasos se encuentran comúnmente en el aceite y la harina de pescado.

Cuando se utiliza una fuente de grasa, no protegida o no sobrepasante, con altos niveles de AG poli-insaturados, la mayoría se pierde debido a la biohidrogenación, lo que es particularmente importante en el caso de los AG ω -6 y ω -3, los cuales son considerados esenciales desde el punto de vista dietético, con funciones hormonales, metabólicas, inmunológicas y reproductivas. A este tipo de grasas

susceptibles a interactuar en el rumen, se les conoce como grasas activas y su utilización es limitada. Nuevas tecnologías han generado grasas modificadas químicamente, que permiten su utilización en mayores niveles y con una menor interacción a nivel ruminal, reduciendo los efectos deletéreos de los lípidos sobre la actividad del rumen. Este tipo de grasas son conocidas como “grasas sobrepasantes”, grasas inertes, *by-pass*, o grasas protegidas. Al respecto, Jenkins (2004) define las grasas inertes como aquellas que han sido diseñadas específicamente para tener muy poco, o ningún efecto negativo sobre la digestibilidad de los alimentos en rumiantes. A menudo, las grasas sobrepasantes son sales de calcio carboxiladas (jabones cálcicos), ácidos grasos saturados o grasas hidrogenadas.

La utilización de los jabones cálcicos permite la incorporación de un mayor nivel de ácidos grasos insaturados en la dieta de rumiantes. Esto es particularmente importante en el caso de los ácidos grasos esenciales (ω -6 y ω -3), los cuales no solo aportan un efecto energético *per se*, sino que pueden tener efectos específicos sobre el metabolismo de tejidos y órganos (Staples *et al.*, 1998). Generalmente el punto de fusión de las grasas *by-pass*, está por encima de 100 °C y la solubilidad se presenta a niveles de pH por debajo de 5,5. Estos valores de temperatura y de pH no se presentan normalmente en el rumen. Sin embargo, a nivel del abomaso y primera porción del duodeno los niveles de pH son mucho menores. Esto permite la disociación de la sal carboxilada, dejando disponibles los ácidos grasos para su absorción. Con base en lo anterior, se puede concluir que la suplementación de rumiantes con grasas sobrepasantes genera un incremento en la disponibilidad de ácidos grasos insaturados a nivel intestinal, y por lo tanto, se puede incrementar la absorción de los mismos y su incorporación a los tejidos.

RESPUESTAS PRODUCTIVAS Y REPRODUCTIVAS

Cuando se suplementa con grasa sobrepasante se puede incorporar mayor cantidad de ácidos grasos poli-insaturados (AGPI) en la dieta, lo que genera no solo un aporte energético, sino también, efectos no energéticos beneficiosos relacionados con el impacto que tienen estos AG sobre el metabolismo, la respuesta hormonal e inmunológica. El efecto energético está relacionado con la mayor cantidad de energía que aportan los lípidos, lo que contribuye a disminuir el BEN durante el periodo postparto temprano, lo que se traduce en una mayor producción de hormona luteinizante (LH) y de hormona folículo estimulante (FSH) por la hipófisis, generando un mayor crecimiento y desarrollo folicular y favoreciendo la ovulación (Díaz *et al.*, 2009).

Los efectos no energéticos están asociados al tipo de AG presentes en la grasa suministrada, estos efectos tienen que ver con el incremento de los niveles de colesterol (particularmente la fracción HDL o “colesterol bueno”), efectos directos a nivel ovárico y uterino, incrementando los niveles de progesterona (P4) y modulando la producción de prostaglandinas (en particular PGF2 α), respectivamente. Además, se describen efectos directos sobre hormonas y factores de crecimiento involucrados con la actividad reproductiva y productiva

(insulina, IGF-I, entre otros). La mayoría de estos efectos no energéticos se ven favorecidos cuando se utilizan AGPI ω -6 y/o ω -3 (Hernández *et al.*, 2010). En la Figura 2 se muestran diversos mecanismos propuestos, no energéticos, que pueden generar este tipo de AG.

El efecto energético de este tipo de grasa está asociado al balance energético del animal, particularmente en la vaca durante la lactancia temprana, disminuyendo los efectos deletéreos del BEN y mejorando la actividad reproductiva durante el postparto temprano. De esta manera, Staples *et al.* (1998) mencionan que en una revisión de 18 estudios hechos en vacas de leche suplementadas con grasa, 11 reportaron un incremento del desempeño reproductivo, bien sea porque se mejora la tasa de concepción al primer servicio o por incrementos en la tasa general de concepción o preñez.

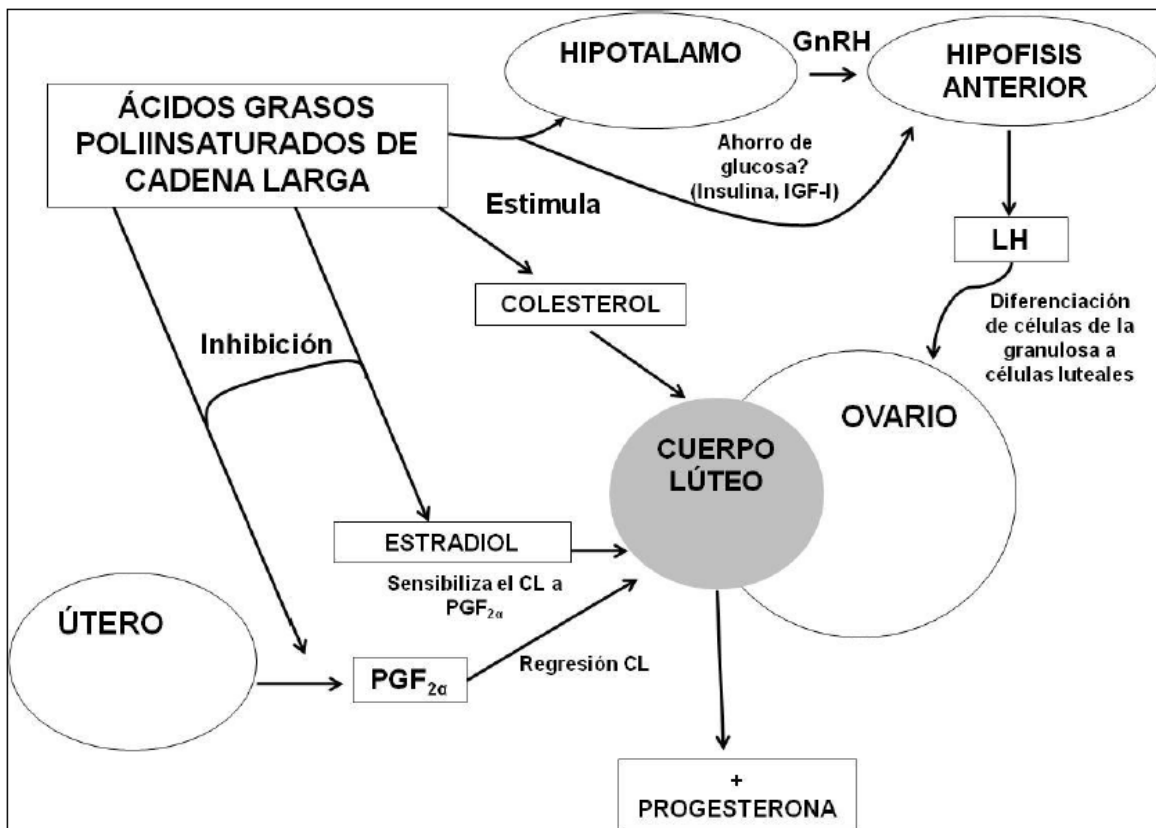


Figura 2.- Mecanismos de acción propuestos a través de los cuales la suplementación con ácidos grasos poli-insaturados puede afectar la función reproductiva (Adaptado de Staples *et al.*, 1998).

Adicionalmente, al suplementar con grasa con altos niveles de AGPI se puede generar una respuesta favorable en cuanto a la producción de leche, composición de la misma y una mejora en el perfil de ácidos grasos que la componen, particularmente los niveles de ácido linoleico conjugado (ALC), al cual se le han descrito propiedades anticancerígenas, antidiabetogénicas, previniendo la

formación de ateromas, potenciando la respuesta inmune y mejorando la mineralización ósea (Angulo *et al.*, 2005). Así mismo, se puede incrementar los niveles de ácidos grasos esenciales (ω -6 y ω -3), lo que puede generar que la leche producida por vacas o cabras suplementadas con este tipo de grasa, pueda ser un alimento nutracéutico.

Experiencias en Venezuela

Las experiencias en Venezuela con la utilización de grasa sobrepasante con altos niveles de AGPI son prometedoras, bien sea en ganado de leche especializado, ganado de carne y en pequeños rumiantes como las cabras.

En un ensayo realizado con vacas multíparas Carora, las cuales fueron suplementadas con 400 g/d de grasa sobrepasante con altos niveles de AGPI (Energras®), se evaluó la producción de leche durante 6 meses, obteniendo aproximadamente 20% mayor producción por día y por lactancia, en las vacas suplementadas, comparadas con las vacas del grupo control (Cuadro 2).

En el caso de cabras mestizas Canarias, en condiciones tropicales, Salvador *et al.* (2009) evaluaron el efecto de la alimentación con grasa sobrepasante (80g de Energras®/d) sobre la producción y composición de leche, reportando mayor duración de la lactancia (+44 d), mayor producción de leche (29,4%) y mayor contenido de grasa (41%) y proteína (31,2%), sin alterar las características de la leche en las cabras suplementadas (Cuadro 3).

Cuadro 2.- Efecto de la suplementación con grasa sobrepasante sobre la producción de leche en vacas Carora.

Parámetro	Suplementadas (400 g Energras®/día)	Control
N° de animales	8	8
Litros/día	13,8	11,7
Producción total en litros	16.852	14.055
Diferencia (Litros/día)	+ 2,1(17,9%)	-
Diferencia producción total (Litros)	+ 2.797 (19,9%)	-

Otero (2007), datos no publicados

Cuadro 3.- Efecto del consumo de grasa sobrepasante (GS) sobre la producción de leche, los días en lactancia y composición de la leche de cabras mestizas Canarias

Parámetro	Con GS	Sin GS	Sig.
Producción de leche, kg	274,4±18,5	193,6±17,9	**
Días en lactancia	272,6±15,9	228,8±15,4	NS
Grasa, kg/lact	13,83±1,02	8,16±1,05	**
Proteína, kg/lact	11,29±0,67	7,76±0,69	**
Caseína, kg/lact	7,59±0,44	5,19±0,46	**
Ceniza, kg/lact	2,12±0,14	1,49±0,14	**
Lactosa, kg/lact	12,44±0,80	8,99±0,83	**
Sólidos no grasos, kg/lact	25,86±1,59	18,25±1,65	**
Sólidos, kg/lact	39,70±2,56	26,41±2,65	**

** P < 0,01

Adaptado de Salvador *et al.* (2009).

NS= no significativo

Por otra parte, el perfil lipídico de la leche puede ser manipulado al suplementar con este tipo de grasa. La leche suele tener bajos niveles de ácidos grasos insaturados, siendo la proporción de ácidos grasos insaturados menor a la de saturados (Hernández *et al.*, 2010).

La formación de la grasa de la leche, puede provenir de la síntesis de *novo* de ácidos grasos en la glándula mamaria o bien de la incorporación de los mismos, provenientes de la dieta o de las reservas corporales. En cuanto a los ácidos grasos de cadena larga (entre los cuales se incluyen los ω -6 y ω -3) que son incorporados en la leche, cerca de 40-45% provienen de la dieta (Palmquist, 1996). En este sentido, manipular la dieta incorporando mayores niveles de ácidos grasos poli-insaturados vía grasa sobrepasante, puede ser una estrategia para modificar la composición de la grasa láctea en rumiantes.

En los últimos años, ha tomado gran importancia la manipulación de la grasa de la leche, con el objetivo de incrementar la concentración del ALC en los productos lácteos, lo que puede contribuir notablemente a generar una leche con propiedades nutracéuticas, con los beneficios que los ácidos grasos esenciales

aportan a la salud para quienes los consuman. En este sentido, Zamora (2010) suplementando cabras mestizas Canarias con grasa sobrepasante con altos niveles de ácidos grasos poli-insaturados (45g/d Energras®), encontró diferencias significativas ($P < 0,01$) sobre el contenido de AG en los quesos: Oleico ($331,34 \pm 63,25$ vs $28,02 \pm 67,29$ mg/g) y Linolénico ($9,78 \pm 1,22$ vs $5,41 \pm 1,30$ mg/g), al compararlos con los quesos hechos de leche de cabras no suplementadas (tratamiento vs. control, respectivamente). Además, se observó una tendencia en el ácido linoleico ($30,26 \pm 9,74$ vs $19,26 \pm 10,37$ mg/g), no afectándose la calidad y propiedades organolépticas de los quesos frescos en ningún caso.

En cuanto a la respuesta reproductiva, se ha evaluado, particularmente, en vacas de carne de primera lactancia en zonas de sabanas bien drenadas en los estados Cojedes (Hato A y B) y Guárico (Hato C) con suelos ácidos, en condiciones de limitada oferta y calidad forrajera. En dichos estudios Díaz *et al.* (2008; 2009) utilizaron bloques multinutricionales (BM) que fueron formulados con el objeto de aportar nitrógeno no proteico, proteína sobrepasante, minerales (macro y microelementos) y grasa sobrepasante (con 17% de ácido linoleico [ω -6]). Los resultados obtenidos para tasa de preñez se muestran en la Figura 3, observándose que son superiores a los reportados para el mismo tipo de animales en condiciones tropicales (30%). En el caso del Hato A, la temporada de monta se realizó en época de lluvia, mientras que para los dos Hatos restantes (B y C) las temporadas de monta fueron en el periodo seco. En el Hato A, la tasa de preñez para la temporada de monta anterior a la realización del estudio fue de 46% para el mismo tipo de vacas de primer parto, las mismas fueron suplementadas con un alimento que contenía minerales y una fuente de nitrógeno no proteico.

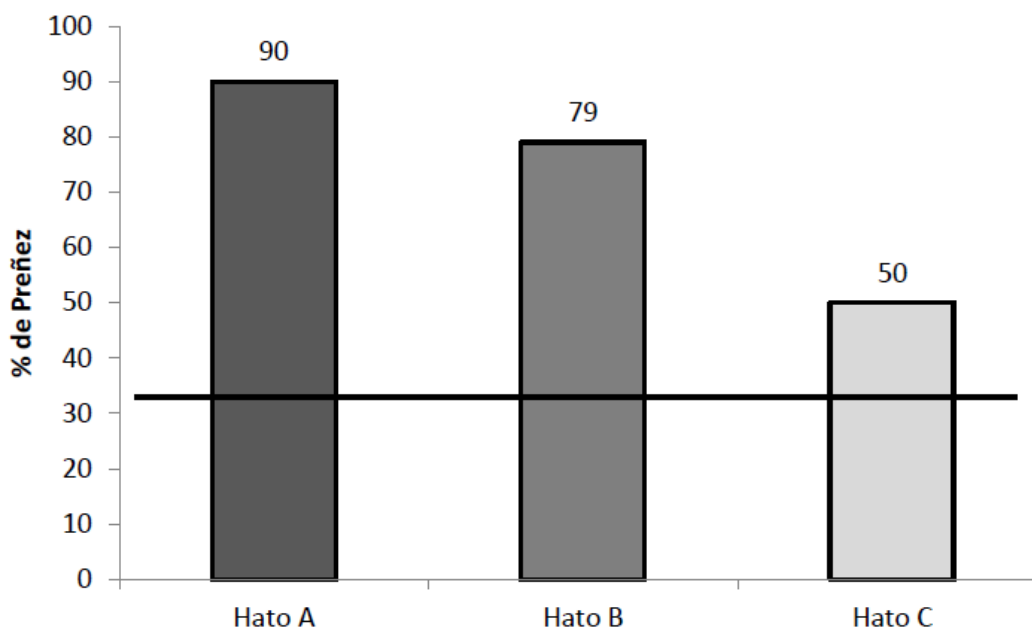


Figura 3.- Tasa de preñez en vacas Brahman de primer parto suplementadas con BM enriquecidos con grasa sobrepasante. (Adaptado de Díaz *et al.*, 2008; 2009).

La línea indica el % de preñez reportado para vacas de carne de primera lactancia en condiciones tropicales.

Hernández (2010) también reporta que la adición de grasa sobrepasante (150 g/vaca/d Energras®), durante el postparto temprano, a la dieta de vacas Brahman puras de primera lactancia, incrementó el número acumulado de folículos clase 3 (≥ 10 mm) durante los primeros 90 d postparto ($P = 0,06$; Figura 4). Al respecto, Díaz (2009) señala que un mayor número de folículos clase 3 podría ser un indicador de una mayor probabilidad de tener folículos preovulatorios, por lo que habría mayor oportunidad de ovulación en vacas que consumen grasa durante el postparto. Por otra parte, es un indicador indirecto del reinicio de la secreción de LH después del parto, ya que esta hormona es la responsable de la maduración final del folículo preovulatorio y la subsecuente ovulación.

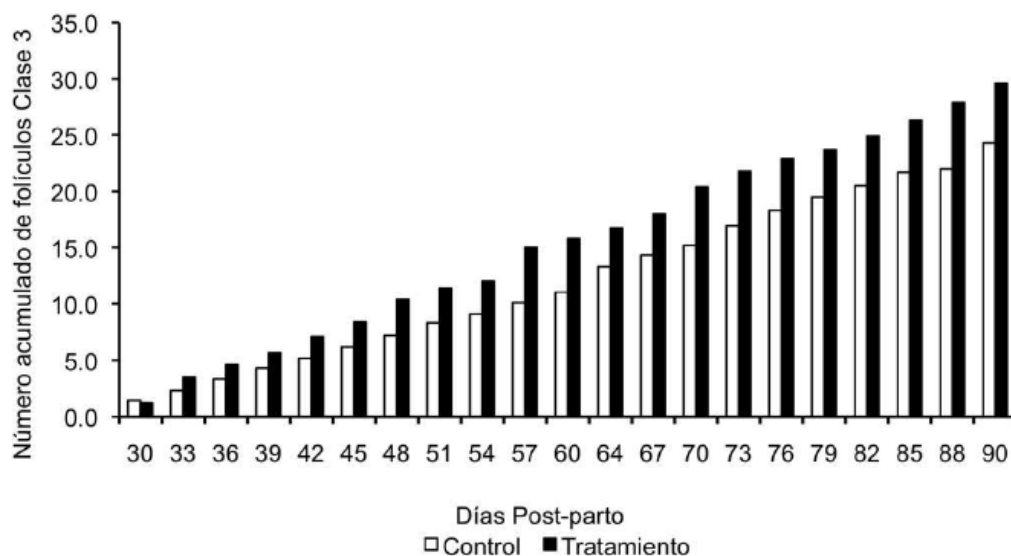


Figura 4.- Número acumulado de folículos Clase 3 (≥ 10 mm) entre los 30 y 90 d postparto en vacas Brahman de primer parto suplementadas o no con grasa sobrepasante (Hernández, 2010).

Asimismo, Hernández (2010) reporta que a pesar de no haber obtenido diferencias significativas en los indicadores de eficiencia reproductiva entre el grupo de vacas suplementadas y el grupo control, hubo diferencias numéricas de 14 puntos porcentuales en la tasa de concepción, a favor de las vacas suplementadas (91% vs 77%, en el grupo control) y de 12 d menos en el intervalo parto-concepción (días vacíos, 90 vs 102 d en el grupo control), pudiendo significar un incremento en la rentabilidad económica y en la eficiencia reproductiva al suplementar con grasa sobrepasante.

Otros efectos encontrados al suplementar con este tipo de grasa es una reducción en el intervalo parto-celo, al suplementar vacas Brahman puras de primera lactancia con grasa sobrepasante (200g/vaca/d) con altos niveles de ω -3 (5% ω -3 y 17% ω -6), se logró reducir este indicador en 20%, al compararlo con las vacas no suplementadas o aquellas suplementadas con ω -6 (17% ω -6 y 0,5% ω -3; Cuadro 4; Hernández *et al.*, 2010). Es importante destacar que las vacas suplementadas con ω -6 presentaron problemas de consumo al inicio del ensayo.

Cuadro 4.- Efecto de la suplementación con grasa sobrepasante sobre el comportamiento reproductivo de vacas Brahman lactantes de primer parto.

Parámetro	Control	ω -6	ω -3
Intervalo Parto-Celo (días)	98	111	78

Hernández *et al.*, 2010

Díaz *et al.* (2009) consideran que los ácidos grasos ω -6 deberían ser suministrados para estimular la reactivación temprana de la actividad ovárica cíclica postparto, en tanto que los ácidos grasos ω -3 (ácido linolénico, DHA y EPA) deberían ser suministrados durante la preñez temprana. En este sentido, Petit *et al.* (2002) y Mattos *et al.* (2003), señalan que los ácidos grasos poli-insaturados ω -6 estimulan la síntesis de PGF2 α , en tanto que los ω -3 estimulan la síntesis de prostaglandinas de la serie 3, a las que se les atribuye un efecto de bloqueo sobre las primeras, específicamente de la PGF2 α , por inhibición competitiva de las enzimas que regulan su proceso de síntesis.

Sin embargo, existen evidencias contrastantes con respecto al papel de los ácidos grasos ω -6 y la síntesis de PGF2 α . Al respecto, Staples *et al.* (2002), indican que el ácido linoleico tiene efectos inhibitorios tanto *in vitro* como *in vivo*, relacionados probablemente con la dosis utilizada, ya que el exceso de este ácido graso podría reducir la síntesis de prostaglandinas de la serie 1 y 2 (PGF2 α , por ejemplo). Estos mismos autores señalan, que esta inhibición puede deberse a un efecto competitivo con el ácido araquidónico por la enzima prostaglandina sintetasa (PGHS). Por lo tanto, la suplementación con una fuente rica en ácidos grasos ω -6 podría reducir la síntesis de PGF2 α , prolongando la vida del cuerpo lúteo, permitiendo la implantación del embrión y disminuyendo la mortalidad embrionaria temprana. Por otra parte, Díaz *et al.* (2009) afirman que tanto la reactivación ovárica postparto como el mantenimiento de la preñez, pueden darse con la sola oferta de ácido linoleico. Por lo tanto, utilizar grasa sobrepasante con altos niveles de ω -6 y/u ω -3 podrían contribuir positivamente sobre la involución uterina, el reinicio de la actividad ovárica postparto y la reducción de los días vacíos en vacas de carne y leche.

CONSIDERACIONES FINALES

La suplementación con grasa sobrepasante con altos niveles de AGPI, debería iniciarse con suficiente antelación al parto, para favorecer las reservas energéticas del animal (condición corporal) y mantenerse durante el postparto temprano, de

manera de disminuir los efectos negativos que tiene el BEN sobre la producción y reproducción en los rumiantes. Díaz *et al.* (2009) recomiendan que la suplementación con este tipo de grasa, debería iniciarse entre 21 a 40 d previos al parto, en dosis que van entre 100 y 400 g/vaca/d, según se suplemente vacas en sistemas de cría o de doble propósito y lechería especializada, respectivamente. El tiempo que se mantendrá dicha suplementación durante el postparto, varía según las condiciones de la explotación, la dieta basal, el nivel de producción, tipo de animal, etc., pero en general se recomienda mantenerla durante 90 d luego del parto, período durante el cual los requerimientos de las vacas son más elevados, debido a que alcanzan el punto máximo de producción de leche (Hernández *et al.*, 2010).

Aunque la grasa sobrepasante no es la solución a todos los problemas de nuestras explotaciones bovinas, sin duda, es un recurso alimenticio de gran potencial, que al contener altos niveles de ácidos grasos poliinsaturados permite la incorporación de los efectos benéficos que los ácidos grasos esenciales, ω -6 y ω -3, pueden tener sobre la actividad reproductiva y productiva de nuestros rebaños y al mismo tiempo generando carne y leche de mejor calidad nutricional.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su profundo agradecimiento al profesor Ricardo Betancourt por el apoyo prestado para la realización de las investigaciones y su aporte a la redacción de este documento. Asimismo, a las empresas Nutribásicos de Venezuela, C.A. y Nutriservi, C.A. por el apoyo prestado al desarrollo de las investigaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Angulo, J., Machecha, L., Giraldo, C. y Olivera M. 2005. Prostaglandinas y grasa de la leche: síntesis a partir de ácidos grasos poliinsaturados, en bovinos. En: M. Pabón y J. Ossa (Eds.) Bioquímica, Nutrición y Alimentación de la Vaca. Fondo Editorial Biogénesis. pp. 111-135. Medellín, Colombia.
- Bach, A. 2001. La reproducción del vacuno lechero: nutrición y fisiología. VII Curso de Especialización FEDNA LA REPRODUCCIÓN DEL VACUNO LECHERO: NUTRICIÓN Y FISIOLÓGÍA. Purina, España. En: <http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/2001CAPV.pdf>
- Beam, S.W. and Butler W.R. 1999. Effects of energy balance on follicular development and first ovulation in postpartum dairy cows. *Journal of Reproduction and Fertility*. 54 (Suppl.):411-424.
- Díaz, T., Betancourt, R., Hernández, R., Romero, C., Gallo, J. y Cardona, M. 2008. Effects of by-pass fat feeding on the reproductive performance of first-calf Brahman cows under tropical Savannah conditions. *Reproduction in Domestic Animals*. 43:37. (Abstr.).

- Díaz, T. 2009. Aspectos de la Fisiología Reproductiva de la Hembra Brahman. Trabajo de ascenso. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Central de Venezuela. pp. 93.
- Díaz, T., Betancourt, R., Hernández, R. y Gallo, J. 2009. El efecto de las grasas omega 3 y omega 6 sobre la reproducción de vacas de primera lactancia pastoreando en los llanos venezolanos. En: E. Chacón y F. Espinoza (Eds). Memorias, III Simposium sobre Recursos y Tecnologías Alimentarias apropiadas para la Producción Bovina a Pastoreo en Condiciones Tropicales. Pasteurizadora Táchira C.A. (PASTCA). San Cristóbal. Pp. 1-28 CD-ROM.
- Hernández, R. 2010. Efectos de la suplementación con grasa sobrepasante sobre parámetros productivos y reproductivos en vacas Brahman de primer parto a pastoreo. Trabajo de ascenso. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Central de Venezuela. pp. 97.
- Hernández, R., Díaz, T. y Betancourt, R. 2010. El uso de grasa sobrepasante con altos niveles de ácidos grasos poli-insaturados en la respuesta productiva y reproductiva de rumiantes. En: Memorias I Jornadas de Actualización en Nutrición de Rumiantes. Universidad de los Andes. Mérida. CD-ROM.
- Drackley, J.K. 1999. Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier? *Journal of Dairy Science*. 82:2259-2273.
- Gallo, J.A. 2009. Manejo alimenticio de la vaca en transición. En: http://www.nutribasicos.com.ve/documentos/Documentos_8.pdf
- Garmendia, J. 2002. Alimentación de las vacas durante el parto y el posparto. En: Avances en la Ganadería Doble Propósito. C. González-Stagnaro, E. Soto Belloso y L. Ramírez Iglesia (Eds). Fundación GIRARZ. Ediciones Astro Data S.A. Maracaibo. Venezuela. Cap. XXII: 329-341.
- Hoggard, N., Hunter, L., Trayhun, P., Williams, L.M. and Mercer, J.G. 1998. Leptin and reproduction. *Proceedings of the Nutrition Society*. 57:421-427.
- Jenkins, T. 1993. Lipid metabolism in the rumen. *Journal of Animal Science*. 76: 3851-3863.
- Jenkins, T. 2004. Challenges of meeting cow demands for omega fatty acids. Florida Ruminant Nutrition Symposium. En: <http://dairy.ifas.ufl.edu/files/rns/2004/Jenkins.pdf>
- Mattos, R., Staples, C.R. and Thatcher, W.W. 2000. Effects of dietary fatty acids on reproduction in ruminants. *Reviews of Reproduction*. 5:38-45.

- Mattos, R., Guzeloglu, A., Badinga, L., Staples, C.R. and Thatcher, W.W. 2003. Polyunsaturated fatty acids and bovine interferon- γ modify phorbol ester-induced secretion of prostaglandin F2 α and expression of prostaglandin endoperoxide synthase-2 and phospholipase-A2 in bovine endometrial cells. *Biology of Reproduction*. 69: 780–787.
- Montaño, E.L. y Ruiz, Z.T. 2005. ¿Por qué no ovulan los primeros folículos dominantes de las vacas cebú posparto en el trópico colombiano? *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 18:2 127-135
- Palmquist, D.L. 1996. Utilización de lípidos en dietas de rumiantes. En: <http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/96capitulolll.pdf>
- Petit, H., Dewhurst, R., Scollan, N., Prolux, J., Khalid, Haresing, W., Twagiramungu, H. and Mann, G. 2002. Milk production and composition, ovarian function, and prostaglandin secretion of dairy cows fed omega 3 fats. *Journal of Dairy Science*. 85:889-899.
- Twagiramungu, H. and Mann, G. 2002. Milk production and composition, ovarian function, and prostaglandin secretion of dairy cows fed omega 3 fats. *Journal of Dairy Science*. 85:889-899.
- Rodriguez, C. 2006. Regulation of prostaglandin F2 α biosynthesis by long chain fatty acids in cattle. PhD. Thesis, University of Florida. Pp. 171
- Salvador, A., Alvarado, C., Contreras, I., Betancourt, R., Gallo, J. y Caigua, A. 2009. Efecto de la alimentación con grasa sobrepasante sobre la producción y composición de la leche de cabra en condiciones tropicales. *Zootecnia Tropical*. 27:285-298
- Staples, C.R., Burke, J.M. and Thatcher, W.W. 1998. Influence of supplemental fats on reproductive tissues and performance of lactating cows. *Journal of Dairy Science*. 81:856-871.
- Staples, C., Mattos, R., Boken, S., Sollenberger, L., Thatcher, W.W. and Jenkins, T. 2002. Feeding fatty acids for fertility? *Proceedings of the 13th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium*. Pp 71-85. En: <http://dairy.ifas.ufl.edu/rns/2002/staples.pdf>
- Zamora, R. 2010. Producción y composición de la leche y queso fresco pasteurizado de cabras suplementadas con grasa sobrepasante con altos niveles de ácidos grasos poliinsaturados. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. UCV. Maracay, Venezuela