



EL EFECTO DE LAS GRASAS OMEGA 3 Y OMEGA 6 SOBRE LA REPRODUCCIÓN DE VACAS DE PRIMERA LACTANCIA PASTOREANDO EN LOS LLANOS VENEZOLANOS

Thaís Díaz¹, Ricardo Betancourt¹, Rolando Hernández¹ y Jorge Gallo²
¹Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias Veterinarias. Maracay
²Universidad de Antioquia, Medellín-Colombia
thais.diaz@ucv.ve

Publicado en: III Simposium sobre Recursos y Tecnologías Alimentarias Apropriadadas para la Producción Bovina a Pastoreo en Condiciones Tropicales. San Cristóbal, edo. Táchira, organizado por Pasteurizadora Táchira C.A. 2009.

INTRODUCCIÓN

En los hatos de cría y doble propósito la eficiencia reproductiva influye sobre la rentabilidad económica de la unidad de producción. En la mayoría de las razas bovinas utilizadas para la producción de carne es muy frecuente que las vacas queden vacías al final de la temporada de servicios, lo cual es causado por un reducido crecimiento folicular y ausencia de actividad luteal (Wettemann, 1980), trayendo como consecuencia una baja eficiencia reproductiva.

Es muy común en nuestros sistemas de producción, que la vaca de primer parto llegue con una baja condición corporal, esto debido a la baja disponibilidad y calidad de los forrajes en nuestro país, relacionado además con disminución del consumo de materia seca alrededor del parto. Este panorama se traduce en un desbalance energético al que el animal responde movilizando sus reservas corporales. Estas restricciones energéticas y el agotamiento de las reservas corporales se traducen en fallas reproductivas que alargan el anestro postparto aunado al efecto negativo del amamantamiento sobre la reproducción.

En los países localizados en el trópico la eficiencia reproductiva para ganado de carne es baja, siendo muy común encontrar valores no mayores al 40–45% (Díaz, 2009), la tasa de preñez para vacas de primer parto se encuentra alrededor del 30% (Chacón, 2009, datos no publicados). El anestro postparto para vacas *Bos indicus* oscila entre 150 y 210 días (Montaño y Ruiz, 2005) y la mortalidad embrionaria temprana en vacas lactantes, se encuentra alrededor del 30% (Bach, 2003). Existen dos factores importantes que regulan la actividad ovárica después del parto: el nivel

nutricional, antes y después del parto, y el amamantamiento del becerro (Wettemann *et al.*, 2003; Montiel y Ahuja, 2005). En la vaca de carne, que generalmente está amamantando un becerro, este último factor provoca un efecto negativo sobre la secreción de GnRH, además del efecto inhibitorio del estradiol placentario sobre la síntesis de las subunidades α y β por lo que se ve afectada la liberación de LH desde la hipófisis anterior (Nett, 1987). Este efecto del amamantamiento es mayor en la vaca de carne, debido no sólo al amamantamiento en sí, sino también a la presencia constante del becerro junto a su madre.

Durante el período postparto la hembra debe cumplir varias funciones, entre las cuales la lactación es una de las funciones que mayor demanda energética tiene, lo cual resta disponibilidad de energía para que se lleve a cabo la involución uterina y el reinicio de la actividad ovárica cíclica, siendo esto último el evento que marca el fin del puerperio. Para que estas funciones se lleven a cabo en el tiempo adecuado, la hembra debe tener un parto normal, tener una buena condición corporal al parto, y mantenerla durante el postparto. Para que la condición corporal se mantenga, existen algunas estrategias de manejo que involucran la suplementación alimenticia y la inclusión del amamantamiento restringido, en sus diferentes formas, para que el puerperio de la vaca sea lo más saludable posible y ella pueda iniciar su actividad reproductiva cíclica lo más pronto posible después del parto.

Además de la energía necesaria para que la vaca complete la involución del tracto reproductivo, ella utilizará energía para su mantenimiento, luego para la lactación, y por ende para la alimentación y crecimiento del becerro y por último, si queda algo de energía, ésta será invertida en el proceso reproductivo. Es por esta razón que es importante asegurar un buen plano nutricional a la vaca postparto, de manera que ella pueda asegurar la sobrevivencia del becerro, pero también el reinicio de la actividad ovárica cíclica y por consiguiente, una próxima gestación.

Existen algunas posibles alternativas para tratar de controlar este condicionante fisiológico. Una de ellas es procurar el aumento del consumo de materia seca por parte del animal y/o aumentar la concentración energética de la ración, buscando que la vaca ingiera más energía; sin embargo, al aumentar la oferta de alimentos balanceados, particularmente en los sistemas de ganadería de altura (hidratos de carbono principalmente), se pueden generar problemas de acidosis ruminal. En cambio en los sistemas doble propósito y de cría cebuína, el margen de maniobra se reduce a tratar de obtener una buena condición corporal al parto. Sin embargo, en cualquier sistema de producción ganadera, esta asimetría podría resolverse, parcialmente, aumentando el contenido de grasa en la ración (teniendo en cuenta que las grasas tienen más del doble de energía que los azúcares); pero en condiciones prácticas, más de 7.5 % de grasa total en la dieta, ha sido asociado con efectos negativos.

CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LAS GRASAS

Las grasas forman parte de un gran grupo de moléculas orgánicas llamadas lípidos, compuestos insolubles en agua y miscibles en sustancias no polares, como el éter, cloroformo, benceno, etc., que poseen cadenas hidrocarbonadas de diferentes

longitudes y son sintetizadas por los organismos vivos, caracterizándose por tener un alto contenido energético.

Los lípidos son componentes estructurales de la membrana celular, además de ser precursores de hormonas importantes para los procesos metabólicos en el organismo animal (Palmquist, 1996). Por otra parte, constituyen la principal forma de almacenaje de energía en los animales. Vitaminas como la A, D, E y K son de naturaleza lipídica. Compuestos químicos tales como las prostaglandinas, leucotrienos, tromboxanos, esteroides como el colesterol, ácidos biliares, hormonas adrenales (glucocorticoides y mineralcorticoides) tienen como precursor a los lípidos, al igual que hormonas fundamentales en el proceso reproductivo (estradiol, progesterona, testosterona; Mattos *et al.*, 2000).

Las grasas se caracterizan por tener mayor proporción de ácidos grasos saturados, mientras que los aceites contienen mayor porcentaje de ácidos grasos poli-insaturados. Las materias primas utilizadas en la alimentación animal (semillas de oleaginosas, como la soya, el ajonjolí, algodón, maní, girasol, cártamo, centeno, etc.) son ricas en contenido de lípidos.

Por otra parte, cereales como el maíz y el arroz, pueden tener niveles importantes de lípidos. Asimismo, los sebos, residuos provenientes del proceso de sacrificio de animales, se pueden utilizar subproductos de la industria. Otra fuente de grasa para consumo animal lo constituyen las grasas amarillas provenientes de la industria de confitería, o bien del residuo de las empresas de comida rápida, en las cuales utilizan aceites para freír, que una vez descartados pueden ser utilizados en la alimentación animal. Este tipo de subproducto contiene un mayor contenido de ácidos grasos poli-insaturados que los subproductos de origen animal (Jenkins, 2004). Igualmente, el aceite de palma africana, con un alto contenido de ácido palmítico (ácido graso de 16 átomos de carbono), es una fuente de grasas para la alimentación animal.

Sin embargo, niveles de grasa mayores al 5% de la materia seca, en la alimentación de rumiantes, pueden producir disminución del consumo (Williams y Stanko, 1999), trayendo como consecuencia menor utilización de la fracción fibrosa por parte de los microorganismos del rumen debido a la formación de una película de grasa que aísla la superficie de la fibra, previniendo el ataque enzimático y bacteriano, afectando el proceso fermentativo. Igualmente, la actividad microbiana puede disminuir por adsorción de la grasa a la superficie de la membrana bacteriana. Asimismo, puede existir la posibilidad de la formación de jabones cálcicos o magnésicos en el rumen, los cuales disminuye la disponibilidad de minerales esenciales para la actividad fermentativa del rumen. Otra posibilidad es toxicidad por algunos ácidos grasos poli-insaturados sobre bacterias celulolíticas, lo cual puede provocar la eliminación de la población microbiana.

Como consecuencia, se produce disminución en la producción de proteína microbiana y alteración en la producción de las distintas fracciones de los ácidos grasos volátiles en el rumen, disminuyendo así, la relación ácido acético:ácido propiónico y la disponibilidad efectiva de acetato para la producción de grasa en la glándula mamaria.

Adicionalmente, a nivel ruminal, los ácidos grasos insaturados que forman parte de estos materiales sufren un proceso conocido como biohidrogenación, durante el cual las insaturaciones son hidrogenadas y se forman ácidos grasos saturados. En este sentido, los ácidos grasos insaturados, como el ácido palmitoleico (C16:1), oleico (C18:1), linoleico (C18:2) y linolénico (C18:3), son transformados en ácidos grasos saturados, tales como palmítico (C16:0) y esteárico (C18:0; Jenkins, 2004). Esto quiere decir que, cuando a un rumiante se le suplementa con una fuente de energía alta en ácidos grasos insaturados, la gran mayoría se pierde, debido a la biohidrogenación. Esto toma mayor importancia en el caso de los ácidos linoleico (Omega 6 [ω 6]) y linolénico (Omega 3 [ω 3]), considerados ambos ácidos grasos esenciales, desde el punto de vista dietético, y con funciones importantes desde el punto de vista hormonal, inmunológico y reproductivo.

Debido a esto, todas las grasas que producen estos efectos se conocen como grasas activas a nivel ruminal y su utilización es limitada. Sin embargo, existen algunas grasas modificadas químicamente, que permiten su utilización en niveles mayores al 5% del consumo de materia seca, sin producir los efectos indeseables de las grasas activas. A este tipo de grasa se le conoce como grasas sobrepasantes, inertes, técnicas o *bypass*, es decir no se degradan o sufren muy pocas modificaciones en el rumen.

Las grasas inertes son jabones, que pueden ser elaboradas con sales de calcio o de potasio, haciendo que la grasa se solubilice muy poco a nivel ruminal, lo que evita efectos indeseables de la grasa sobre la digestibilidad de la fibra y la flora celulolítica (Jenkins, 1993). Adicionalmente, al no solubilizarse en el rumen los ácidos grasos insaturados presentes en estos materiales no sufren el proceso de biohidrogenación y escapan al abomaso, donde el pH es mucho más ácido y permite la disociación de las sales de calcio y los ácidos grasos, permitiendo así su absorción a nivel intestinal (Staples *et al.*, 1998). Por lo tanto, la utilización de las grasas sobrepasantes permite la incorporación de un mayor nivel de lípidos en las dietas de rumiantes, incrementando la disponibilidad, a nivel intestinal de ω 6 y ω 3, los cuales pueden ser absorbidos, aprovechando su efecto beneficioso a nivel metabólico.

ÁCIDOS GRASOS ESENCIALES: OMEGA 6 Y OMEGA 3

Al igual que otros nutrientes, ciertos ácidos grasos son esenciales, es decir no son sintetizados por los mamíferos, debiendo ser provistos en la dieta. En 1929, George Burr y su esposa fueron los primeros en descubrir la esencialidad de los ácidos grasos en ratas (Burr y Burr, 1929), observando que ratas en crecimiento, alimentadas con dietas bajas en grasa, detenían su desarrollo, presentaban problemas de salud y tenían ovulaciones irregulares, efectos que fueron revertidos después del suministro de fuentes de grasa ricas en ácidos grasos poli-insaturados, pertenecientes a las familias ω 6 (Omega 6, C18:2, ácido linoleico) y ω 3 (Omega 3, C18:3, ácido linolénico; Burr y Burr, 1930). Estos hallazgos sirvieron de base para establecer el concepto de ácidos grasos esenciales (AGE), comprendiéndose posteriormente que estos ácidos grasos no podían ser sintetizados por las células de los mamíferos, debido a la ausencia de enzimas desaturasas, más allá del noveno átomo de carbono en la cadena acil.

Debido a la esencialidad y al papel específico de ciertos ácidos grasos en el proceso reproductivo, es posible plantear la hipótesis que la reproducción en el ganado bovino puede ser influenciada y manipulada por el tipo de grasa suministrada, mas que por el suministro de grasa *per se*, (Staples *et al.*, 1998). Ésto es particularmente importante, y representa un gran desafío, en virtud que el metabolismo del rumen genera una extensa biohidrogenación de origen microbiano a las grasas dietéticas, particularmente a las no inertes o activas, limitando de esta manera el suministro dietético de ácidos grasos poli-insaturados, que puedan estar disponibles para ser absorbidos en el intestino delgado, dando paso entonces a la necesidad de proveer estos sustratos a través de grasas sobrepasantes.

Cambios en la longitud de la cadena, nivel de insaturación y posición de los dobles enlaces en la cadena carbonada de los ácidos grasos, pueden tener importantes efectos en su función y pueden influir en la actividad reproductiva del ganado (Staples *et al.*, 1998; Mattos *et al.*, 2000), aunque los mecanismos exactos no están plenamente aclarados.

Los mecanismos potenciales a través de los cuales es posible explicar el mejoramiento en la actividad reproductiva incluyen: a) Mejoramiento de la densidad energética de la dieta (Ferguson *et al.*, 1990); b) alteraciones en el desarrollo folicular (Staples y Thatcher, 2005; Díaz *et al.*, 2008); 3) incremento en la concentración de progesterona (Staples *et al.*, 1998); 4) supresión de la señal luteolítica durante el período de reconocimiento materno de la preñez (Mattos *et al.*, 2000); 5) mejoramiento de la condición corporal (Angulo *et al.*, 2005) y 6) mejoramiento de la calidad embrionaria (Cerri *et al.*, 2004).

La alimentación de vacas postparto con ácidos grasos, puede tener influencia sobre la composición fosfolipídica del tejido endometrial, lo que puede a su vez modular la secreción endometrial de prostaglandina F_{2α} (PGF_{2α}), lo que podría influenciar la salud del útero postparto (Santos *et al.*, 2008). En otras palabras, podría contribuir a disminuir el tiempo requerido para llevar a cabo la involución uterina.

PRODUCCIÓN Y USO DE GRASAS SOBREPASANTES

Las grasas sobrepasantes involucran un tipo de suplemento diseñado para ruminantes, caracterizado por tener un efecto inhibitorio mínimo sobre el metabolismo de la flora ruminal, obteniéndose esta protección ruminal sin detrimento de su digestibilidad intestinal. Este tipo de grasas, en las cuales se produce una saponificación de los ácidos grasos con calcio (Ca⁺⁺), también se conocen como jabones cálcicos, teniendo un seguro y doble mecanismo de acción para hacerse inertes en el rumen.

En primer término, su punto de fusión es superior a 100 °C (suele ser no menor a 120 °C) y además, su solubilidad sólo ocurre a pH muy inferior a 5.5. A pH normal del rumen (6.0 a 6.3), estos jabones permanecen sin disociarse en una gran proporción en el líquido ruminal, considerándose por ello inertes. Sin embargo, en el abomaso, el pH disminuye hasta 2.0 a 2.5 por lo que se disocian con facilidad, liberando el Ca⁺⁺ y los ácidos grasos libres correspondientes, los cuales son absorbidos en el yeyuno, (Palmquist, 1996). Los jabones cálcicos permiten que una

mayor proporción de ácidos grasos insaturados alcancen el intestino delgado, por lo que la digestibilidad intestinal de la grasa aumenta, para fines metabólicos de carácter productivo y reproductivo (Firkins y Eastridge, 1994).

En la última década, la investigación científica sobre el uso de grasas sobrepasantes en bovinos ha venido siendo orientada hacia el mejoramiento de la eficiencia reproductiva y hacia la búsqueda de mayor calidad en el perfil lipídico de la carne y la leche, como estrategia para el ofrecimiento de productos más saludables, dirigidos al consumo humano (alimentos funcionales o nutracéuticos; Fernández, 2007).

EFFECTOS DE GRASAS SOBREPASANTES SOBRE LA REPRODUCCIÓN

Tanto en ganado lechero como en ganado doble propósito y de carne, las investigaciones realizadas con relación al efecto de las grasas sobrepasantes sobre la eficiencia reproductiva, han tenido dos enfoques: el primero, hacia el efecto general sobre la fisiología y parámetros reproductivos y el segundo, hacia la diferenciación de los efectos de acuerdo al tipo de ácido graso utilizado en la suplementación.

En términos generales, la investigación relaciona los efectos benéficos del suministro de grasa sobre la reproducción con efectos, tanto de carácter energético como no energético (Staples *et al.*, 1998). El efecto energético ha sido asociado con el impacto que pueden ejercer las grasas sobre el balance energético del animal y por tanto, sobre la producción de niveles adecuados de hormona luteinizante (LH) y hormona folículo estimulante (FSH) por la hipófisis, estimulando el desarrollo folicular y posterior ovulación. A este respecto, algunos hallazgos refieren que durante periodos de balance energético negativo se producen endorfinas, mediadas a través de la hormona del tejido graso, denominada leptina (Olivera *et al.*, 1999), las cuales ejercen un bloqueo de la hormona liberadora de gonadotrofinas (GnRH) incidiendo en la producción de pulsos inadecuados de LH, por lo tanto afectando la ovulación.

De igual manera, el balance energético negativo y su consecuente movilización de reservas corporales, induce una reducción en la frecuencia de los pulsos de LH, necesarios para el crecimiento final y maduración del folículo preovulatorio, registrándose un incremento en el tamaño de los mismos como consecuencia de la suplementación con diversas fuentes de grasas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Variación del tamaño del folículo de acuerdo a la fuente de grasa.

Tamaño del folículo (mm)			
Fuente de grasa	Control	Tratamiento	Referencia
Aceite de soya	7.0	10.2	Lucy <i>et al.</i> (1991)
Jabón cálcico	12.4	18.2	Lucy <i>et al.</i> (1991)
Jabón cálcico	16.0	18.6	Lucy <i>et al.</i> (1993)
Grasa amarilla	16.9	20.9	Oldick <i>et al.</i> (1997)
Sebo + grasa amarilla	11.0	13.5	Beam y Butler (1997)
Aceite de soya + aceite de pescado	14.3	17.1	Staples <i>et al.</i> (2000)
Promedio no ponderado	12.9	16.4	

En concordancia con los hallazgos de otros autores (Cuadro 2), Hernández (2009; datos no publicados) encontró que el número de folículos clase 3 (> 10 mm de diámetro) fue mayor ($P < 0.06$) durante los primeros 90 días postparto en vacas Brahman lactantes de primer parto que consumieron, desde 30 días antes hasta 90 días después del parto, 150 g de grasa sobrepasante que contenía 17% de ácido linoleico (omega 6; Energras®). 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 (Díaz, 2009).

Estos resultados nos indican que suministrando un suplemento que aporte una fuente de energía a la vaca postparto lactante, especialmente a la vaca de carne de primer parto, que debe amamantar un becerro, y en muchos casos completar su crecimiento, es de gran beneficio, ya que estamos supliendo la energía que ella requiere para su mantenimiento, para la producción de leche necesaria para la alimentación de la cría y por último para reanudar la actividad ovárica postparto y volver a concebir (Díaz, 2009).

Además de los efectos energéticos mencionados, diversos estudios han reportado que el incremento en los índices reproductivos en bovinos, atribuible al suministro de grasas sobrepasantes suplementarias, es imputable a efectos no energéticos, los cuales se relacionan con la síntesis de precursores de hormonas esteroideas que afectan la reproducción, generando consecuencias tales como: disponibilidad del sustrato directo para la biosíntesis de colesterol, precursor de la progesterona. Por otra parte, ocurre modulación en la producción de $\text{PGF}_{2\alpha}$ a través de la suplementación con ácido linoleico (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto del suministro de grasa sobre la concentración de progesterona (P_4) en el plasma de vacas de carne

Momento de la medición	P4 (ng/ml)			Referencia
	Control	Tratamiento con grasa	Nivel de significancia	
Días 12 y 13 del ciclo estral	5.8	11.8	$P < 0.02$	Hawkins <i>et al.</i> (1995)
Día 5 del segundo ciclo estral	< 2.6	>4.0	$P < 0.01$	Lammoglia <i>et al.</i> (1997)
Muestras semanales durante el ciclo estral	7.6	10.3	$P < 0.01$	Lammoglia <i>et al.</i> (1996)
Día 5 del ciclo estral inducido con FSH ¹	21.5	24.1	ns ²	Thomas y Williams (1996)
Días 12 y 13 del ciclo estral	5.8	11.8	$P < 0.02$	Hawkins <i>et al.</i> (1995)

¹Hormona folículo estimulante.

²ns: no significativo.

¿CUÁNDO INICIAR LA SUPLEMENTACIÓN CON GRASA SOBREPASANTE?

La suplementación con grasa sobrepasante debería ser iniciada con suficiente anticipación al parto, para que la provisión o restauración de ácidos grasos pueda ser eficaz en el ciclo reproductivo siguiente. Esto incluye el efecto positivo sobre procesos como la involución uterina, la actividad ovárica cíclica postparto, en términos de crecimiento folicular y la ovulación, y el reconocimiento materno de la gestación.

En vista que la actividad ovárica puede reactivarse dentro de las primeras cuatro semanas postparto, la suplementación con grasa desde el preparto permitiría que los ácidos grasos fueran absorbidos y metabolizados, para de esta manera, influenciar la actividad ovárica temprana. En este sentido, Staples y Thatcher (2005) sugieren un periodo entre 21 y 40 días previos al parto, como el lapso deseable para obtener una respuesta fisiológica favorable.

Por otra parte, existen evidencias que ciertas grasas favorecen la respuesta inmunológica y la salud postparto de la vaca, como por ejemplo: menor incidencia de retención de membranas fetales, metritis y mastitis (Juchem, 2007). Asimismo, se ha observado un beneficio sobre el porcentaje de grasa láctea (Gallo, 2009, datos no publicados). Por tal razón, la suplementación debería iniciarse durante el periodo preparto, en cantidades que pueden variar entre 100 y 400 g/vaca/día, según se suplementen vacas en sistemas de cría o de doble propósito y lechería especializada, respectivamente.

De esta manera, y de acuerdo con los hallazgos de los grupos de investigación de la Universidad Central de Venezuela y de la Universidad de Antioquia, en Medellín (Colombia), se considera que los ácidos grasos omega-6 (ácido linoleico) deberían ser suministrados para estimular la reactivación temprana de la actividad ovárica cíclica postparto, en virtud a que éstos estimulan la vía de síntesis de la $\text{PGF}_{2\alpha}$ a través del ácido araquidónico; en tanto que los ácidos grasos omega-3 (ácido linoléico, ácido docosahexanoico [DHA] y ácido eicosapentanoico [EPA]) deberían ser suministrados durante la preñez temprana.

En este sentido, varios autores (Petit *et al.*, 2002; Mattos *et al.*, 2003) señalan que los ácidos grasos poli-insaturados omega-6 estimulan la síntesis de $\text{PGF}_{2\alpha}$, en tanto que los omega-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 $\text{PGF}_{2\alpha}$, 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 omega 6 y la síntesis de $\text{PGF}_{2\alpha}$. 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 ($\text{PGF}_{2\alpha}$, 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, prolongando la vida del cuerpo lúteo, permitiendo la implantación del embrión y disminuyendo la mortalidad embrionaria temprana.

Aunque no hay plena claridad de la causa de los efectos diferenciales de estas dos familias de ácidos grasos poli-insaturados (omega-6 y omega-3), los hallazgos de investigación y las rutas metabólicas conducentes a la síntesis de las prostaglandinas, parecen orientarse a efectos relacionados con el tipo, la fuente, la duración y el momento de suministro.

Es claro que la literatura científica ha planteado una gran discusión en torno a la aparente necesidad de suministrar ácidos grasos omega-6 (linoleico) en el posparto temprano y ácidos grasos omega-3 (linolénico) para el sostenimiento de la preñez. Sin embargo, nuestra evidencia de campo de los últimos 4 años de investigaciones suministrando grasas bypass vía bloques multinutricionales con elevado contenido de ácido linoleico, a lo largo de todo el ciclo reproductivo, controvierte toda esta conceptualización teórica en el sentido de poder afirmar que tanto la reactivación ovárica posparto como el mantenimiento de la preñez, pueden darse con la sola oferta de ácido linoleico.

Sin duda que estos hallazgos preliminares plantean la necesidad de desarrollar diferentes estrategias de suplementación, en concordancia con el estado reproductivo de las vacas. Así, los ácidos grasos requeridos para facilitar el parto, la involución uterina y la reactivación ovárica postparto, no son necesariamente los mismos que aquellos requeridos para que el reconocimiento materno de la gestación ocurra en el momento adecuado, para incrementar la tasa de preñez y/o reducir los servicios por concepción.

EXPERIENCIAS EN VENEZUELA

La información disponible, sobre la utilización de grasas con altos niveles de ácidos grasos poliinsaturados en Venezuela es limitada, refiriéndose principalmente, a su efecto sobre la producción y calidad de la leche. Recientemente, desde el año 2007 el grupo de investigación en el área de Interrelación Nutrición–Reproducción, de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Central de Venezuela y profesores de la Universidad de Antioquia (Colombia), han venido desarrollando investigación en aspectos relacionados con el efecto de la suplementación con grasa sobrepasante sobre parámetros productivos y reproductivos en rumiantes.

Estos trabajos se han desarrollado en distintas zonas ecológicas, con diferentes modalidades de producción, niveles de intensificación, tanto en centros experimentales como en rebaños comerciales, con variadas maneras de suministrar la grasa a los animales, desde la utilización de bloques multinutricionales enriquecidos con grasa sobrepasante; suplementación “*top-dress*”, es decir colocando la grasa encima del alimento concentrado, además de la utilización solamente de jabones cálcicos y mezclados con minerales.

Con el avance de los procesos tecnológicos, la producción de grasas inertes ha evolucionado, actualmente en el mercado se pueden conseguir grasas sobrepasantes con alto contenido de ácidos grasos poli-insaturados, las cuales

pueden generar efectos energéticos y no calóricos. De esta manera, se pueden utilizar grasas que contienen altos niveles de omega-6, omega-3 e inclusive ambos, aunque pareciera ser la relación entre omega-6: omega-3 un elemento a considerar.

Debido a que en algunos casos se han reportado efectos indeseables de los ácidos grasos insaturados sobre la fermentación ruminal (Palmquist, 1996), al respecto, Orribio (2009) evaluó el efecto de bloques multinutricionales sobre la degradabilidad *in vitro* de un heno de baja calidad, obteniendo como resultado que aquellos bloques que contenían grasa sobrepasante en distintas concentraciones (13.4 y 10.8% sobre la materia seca), no tuvieron efecto sobre el pH del rumen (7.2 ± 0.1), a excepción del bloque con alto contenido de grasa (22.9%), el que causó un aumento del pH (7.4), indicando que existe una interacción entre tratamiento y tiempo. Sin embargo, el valor de pH = 7.4, se encuentra dentro del rango óptimo para el funcionamiento de la flora celulolítica del rumen. Estos resultados sugieren que la suplementación con bloques multinutricionales con ese contenido de grasa, no altera el pH óptimo para la fermentación ruminal. Es importante señalar, que la grasa sobrepasante utilizada (Energras®) en este experimento, contenía al menos 48% de ácidos grasos insaturados y una relación de insaturados:saturados de casi 1 (0.9:1).

Asimismo, Orribio (2009) reporta que la incorporación de bloques multinutricionales con niveles de 13.4 y 10.8% de grasa sobrepasante (con base a la materia seca) incrementaron la degradación de la fibra detergente neutro (FDN) en 41.7%, comparado con el heno, siendo los valores similares a los reportados (42 a 44.5%) por Sudana y Leng (1996), para degradabilidad ruminal de la fibra, en ovejas suplementadas con bloques. Estos resultados sugieren que la utilización de bloques multinutricionales conteniendo grasa sobrepasante, no altera la digestibilidad de la fibra a nivel ruminal, siendo una alternativa para mejorar la utilización de forrajes de pobre calidad.

En el campo se ha evaluado el efecto de la suplementación con grasa sobrepasante sobre la actividad reproductiva en vacas de carne bajo condiciones de pastoreo en sabanas. En este sentido, Díaz *et al.* (2008) evaluaron el efecto de la suplementación con bloques multinutricionales enriquecidos con grasa sobrepasante sobre la actividad reproductiva de vacas Brahman de primer parto bajo condiciones de sabana. Este ensayo se llevó a cabo en un hato (Hato A), localizado en el estado Cojedes, en una zona de vida de bosque seco tropical, que se caracteriza por tener sabanas bien drenadas, con suelos ácidos, altos en hierro (Fe) y manganeso (Mn) y deficientes en fósforo (P), cobre (Cu), zinc (Zn) y selenio (Se), con dos periodos bien diferenciados de lluvia y sequía, donde se ha establecido pasto aguja (*Urochloa humidicola*) de baja calidad nutricional.

El bloque multinutricional fue formulado con el objeto de aportar nitrógeno no proteico, proteína sobrepasante, minerales (macro y microelementos), grasa sobrepasante (con 17 % de ácido linoleico [omega-6]). El consumo estimado del bloque fue de 500 g/día y el tiempo de suplementación fue de 150 días, iniciándose 3 meses antes de la temporada de monta hasta el final de la misma. Se colectaron muestras de sangre para evaluar colesterol y triglicéridos. Adicionalmente, se evaluó el peso y la condición corporal (escala del 1 al 9). Durante la temporada de monta se realizó evaluación de la actividad ovárica a través de ultrasonografía, el día del inicio,

a los 60 días y al final de la misma (120 días). Las vacas fueron divididas al azar en tres grupos: Grupo 1 (G1; n=10; tenían en promedio 100 ± 8 días postparto); Grupo 2 (G2; n=9, tenían en promedio 165 ± 6 días postparto) y Grupo 3 (G3; n= 8, con 233 ± 5 días postparto). Todas las vacas estaban amamantando a sus becerros. Los resultados de preñez y frecuencia de cuerpo lúteo se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Frecuencia de cuerpo lúteo (CL) y tasa de preñez en vacas Brahman durante la temporada de servicios.

Día de la temporada de servicios	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3	
	Frecuencia de CL %	Tasa de preñez %	Frecuencia de CL %	Tasa de preñez %	Frecuencia de CL %	Tasa de preñez %
0	50.0	---	66.7	---	75.0	---
60	86.0	30.0	88.9	78.0	100.0	75.0
120	80.0	70.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Fuente: Díaz *et al.* (2008).

La tasa de preñez general fue de 90%, mientras que en el año anterior, para el mismo tipo de vacas de primer parto, fue de 46%. Durante ese año las vacas fueron suplementadas con un alimento que contenía minerales y una fuente de nitrógeno no proteico. Con base a los resultados reportados por Díaz *et al.* (2008), la tasa de preñez obtenida es muy superior a la reportada por varios autores, para vacas Brahman de primer parto en condiciones de sabana (25 a 30%), esto debido principalmente a las severas restricciones nutricionales, además de los requerimientos de este tipo de animal, lo que provoca un anestro postparto prolongado. En este sentido, es importante destacar que independientemente del periodo postparto en el cual se encontraban las vacas cuando iniciaron el consumo del suplemento conteniendo grasa sobrepasante, al inicio de la temporada de monta, al menos el 50% de las vacas estaban ciclando, lo que garantiza que la preñez pueda ocurrir temprano en la estación de servicio.

En otra experiencia llevada a cabo en una unidad de producción localizada en el estado Cojedes (Hato B), en la zona de vida del bosque seco tropical, con características similares a la de la finca anterior, utilizando 29 novillas y 14 vacas Brahman de primer parto, con becerro al pie, que consumieron el mismo bloque multinutricional conteniendo grasa sobrepasante, obtuvieron valores muy por encima de los reportados para tasa de preñez en condiciones de sabana (Figura 1). Lo anterior indica que existe un efecto benéfico de la suplementación con bloques multinutricionales integrales (conteniendo grasa sobrepasante), sobre la reproducción en condiciones ambientales muy limitantes, con pasturas de baja calidad nutricional, poca disponibilidad forrajera, deficiencias minerales marcadas y un periodo de sequía prolongado.

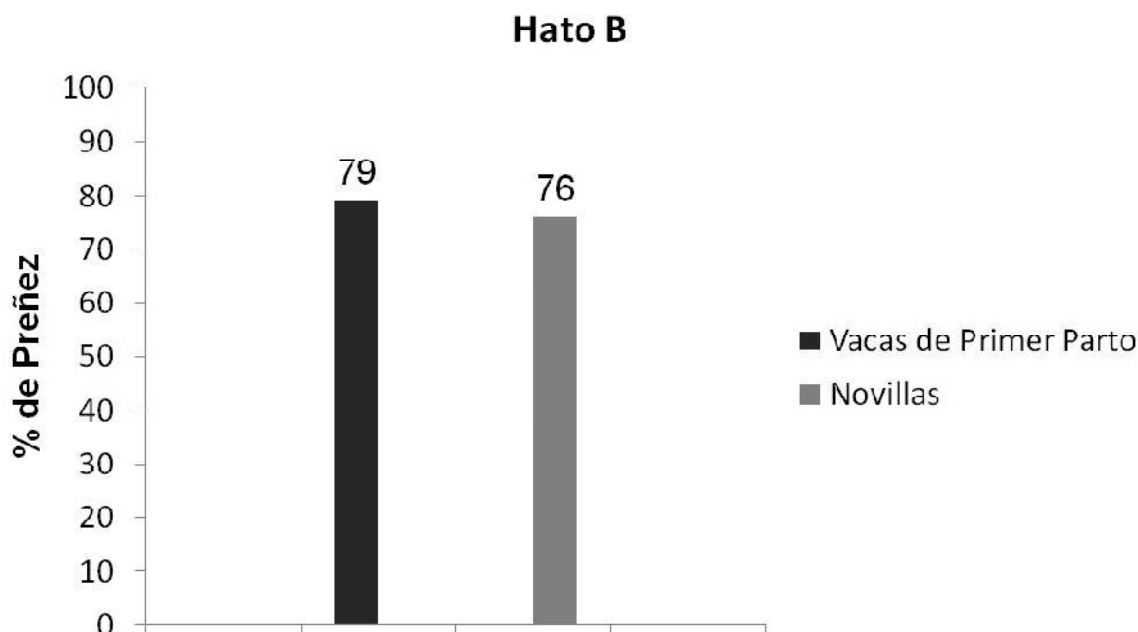


Figura 1. Tasa de preñez en novillas y vacas de carne de primer parto suplementadas con bloques multinutricionales enriquecidos con grasa sobrepasante en el Hato B.

En un estudio realizado en la Estación Experimental La Cumaca (FCV-UCV), estado Yaracuy, utilizando 34 vacas Brahman de primer parto divididas en dos grupos. El primer grupo o grupo tratamiento ($n = 17$) recibió 150 g de grasa sobrepasante, con 17% de ácido linoleico (Energras®), desde 30 días antes del parto hasta 90 días después del mismo. El segundo grupo o control ($n = 17$), no consumió grasa sobrepasante. A los 30 días postparto se sometieron a un programa de amamantamiento restringido, permitiendo que los becerros se amamantaran durante 2 horas cada día y luego eran retirados de la madre el resto del día.

Igualmente, a partir de los 30 días y hasta los 90 días postparto las vacas fueron revisadas ginecológicamente con el uso del ultrasonido, dos veces a la semana (martes y jueves), con el objeto de hacer seguimiento de la actividad ovárica durante este periodo. Por otra parte, las vacas y los becerros fueron pesados y la condición corporal medida, cada 15 días. Del total de 34 vacas, 4 fueron eliminadas por diversos problemas, quedando sólo 30 vacas, 15 en cada grupo.

Cuando se analizó el efecto de la grasa sobrepasante sobre el número de folículos clase 1 (≤ 5 mm), 2 (6–9 mm) y clase 3 (> 10 mm), además del número acumulado de folículos clase 3, se observó que no hubo diferencias en el número de folículos clase 1 y clase 2. Sin embargo, la adición de grasa a la alimentación de vacas Brahman lactantes de primer parto, tuvo efecto beneficioso sobre el número acumulado de folículos clase 3, presentando este grupo mayor número acumulado de folículos de esta clase durante los primeros 90 días postparto ($P < 0.06$; Figura 2).

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.

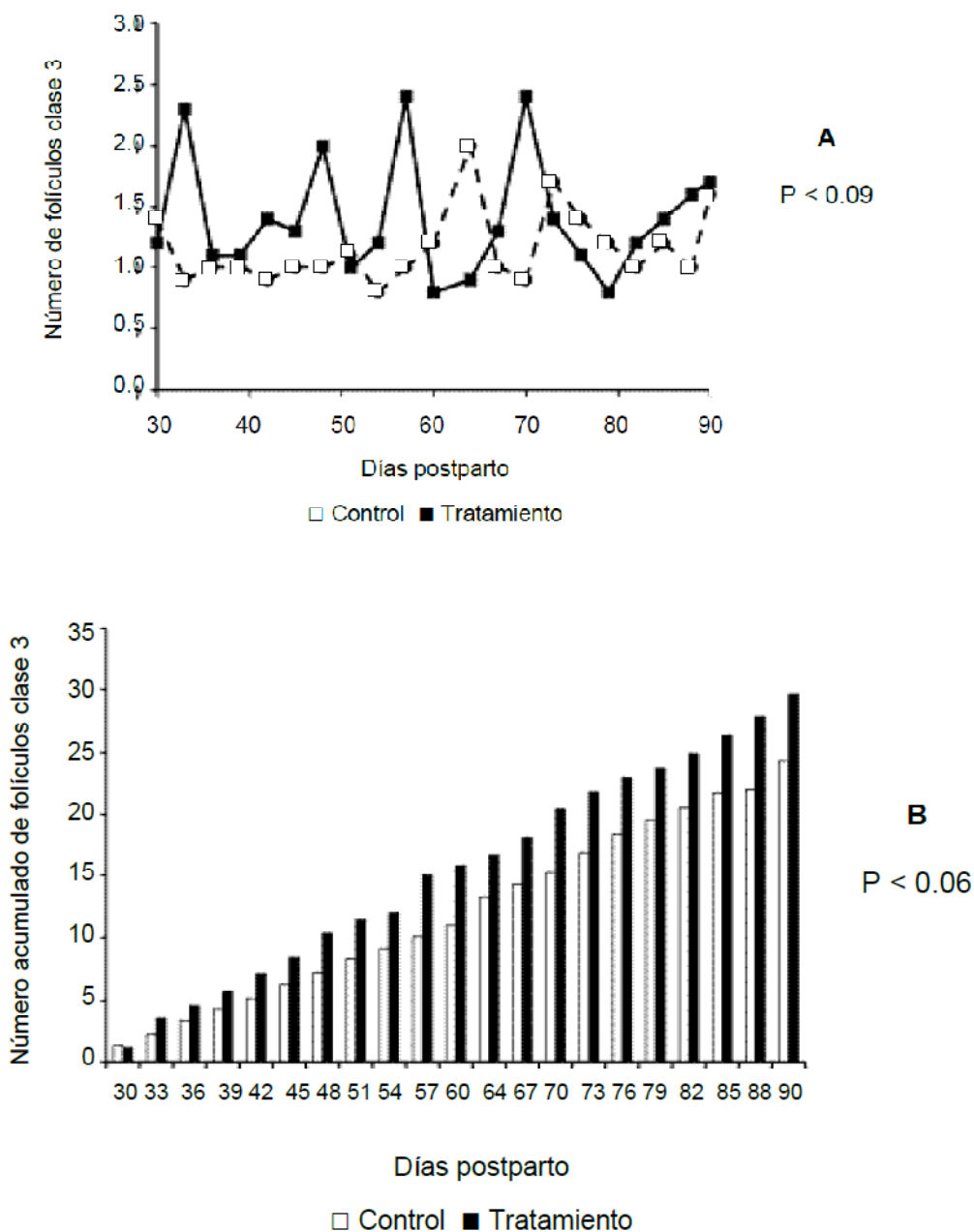


Figura 2. Número de folículos clase 3 (> 10 mm; A) y número acumulado de folículos clase 3 (B) en vacas Brahman lactantes de primer parto suplementadas (■) o no (□) con grasa sobrepasante desde el día 30 hasta el día 90 postparto.

Aunque la grasa sobrepasante no es el único nutriente que necesitan los animales para cubrir sus requerimientos, sin duda, es un recurso alimenticio que puede ser utilizado en sistemas de producción, en los que las condiciones ambientales establecen serias restricciones nutricionales, sobre todo restricciones energéticas, importantes para la actividad reproductiva y el desempeño productivo del rebaño. Por otra parte, es importante señalar el efecto que tienen los ácidos grasos esenciales sobre la síntesis de prostaglandinas necesarias para promover la involución uterina, así como prostaglandinas que favorecen el mantenimiento del cuerpo lúteo.

BIBLIOGRAFÍA

- Angulo J., L. Machecha, C. Giraldo y M. Olivera. 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 Medellín, Colombia. pp 111-135.
- Bach, A. 2003. La reproducción del vacuno lechero: nutrición y fisiología. VII Curso de Especialización FEDNA LA REPRODUCCIÓN DEL VACUNO LECHERO: NUTRICIÓN Y FISIOLOGÍA. Purina, España. En: <http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/2001CAPV.pdf>
- Beam, S. W. and W.R. Buttler. 1997. Energy balance and ovarian follicle development prior to the first ovulation postpartum in dairy cows receiving three levels of dietary fat. *Biology of Reproduction*, 56:133-142.
- Burr, G.O. and M.M. Burr. 1929. A new deficiency disease produced by the rigid exclusion of fat from the diet. *Journal of Biological Chemistry* 82:345-367.
- Burr, G.O. and M.M. Burr. 1930. The nature and role of the fatty acids essential in nutrition. *Journal of Biological Chemistry*, 86:587-621.
- Cerri, R., R. Bruno, R. Chebel, K. Galvão, H. Rutigliano, S. Juchem, W.W. Thatcher, D. Luchini and J. Santos. 2004. Effects of fat sources differing in fatty acid profile on fertilization rate and embryo quality in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 87:297 (Abstr.).
- De Fries, C.A., D.A. Neuendorff and R.D. Randel. 1998. Fat supplementation influences postpartum reproductive performance in Brahman cows. *Journal of Animal Science*, 76:864–870.
- 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., R. Betancourt, R. Hernández, C. Romero, J. Gallo and M. Cardona. 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.).

- Ferguson, J.D., D. Sklan, W. Chalupa and D. Kronfield. 1990. Effects of hard fats on *in vitro* and *in vivo* rumen fermentation, milk production and reproduction in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 73:2864-2879.
- Fernández N., J.R. 2007. Suplementación de la dieta con aceite de pescado rico en ácidos grasos poliinsaturados Omega 3. Estrategias a practicar para potenciar su consumo. Tesis Doctoral, Universidad de Navarra, España.
- Firkins, J.L. and M. Eastridge. 1994. Assessment of the effects of iodine value on fatty acid digestibility, feed intake and milk production. *Journal of Dairy Science*, 77:2357-2366.
- Hawkins, D.E., K.D. Niswender, G.M. Oss, C.L. Moeller, K.G. Odde, H.R. Sawyer and G.D. Niswender. 1995. An increase in serum lipids increases luteal lipid content and alters the disappearance rate of progesterone in cows. *Journal of Animal Science*, 73:541-545.
- 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>
- Juchem, S. 2007. Lipid digestion and metabolism in dairy cows: effects on production, reproduction and health. PhD thesis. University of California, Davis.
- Lammoglia, M.A., S.T. Williard, D.M. Hallford and R.D. Randel. 1997. Effects of dietary fat on follicular development and circulating concentrations of lipids, insulin, progesterone, estradiol-17 β , 13,14-dihydro-15-keto-prostaglandin F $_{2\alpha}$ and growth hormone in estrous cyclic Brahman cows. *Journal of Animal Science*, 75:1591-1600.
- Lammoglia, M.A., S.T. Williard, J.R. Oldham and R.D. Randel. 1996. Effects of dietary fat and season on steroid hormonal profiles before parturition and on hormonal, cholesterol, triglycerides, follicular pattern, and postpartum reproduction in Brahman cows. *Journal of Animal Science*, 74:2253-2262.
- Lucy, M.C., R.L. de La Sota, C.R. Staples and W.W. Thatcher. 1993. Ovarian follicular populations in lactating dairy cows treated with recombinant bovine somatotropin (Sometribove) or saline and fed diets differing in fat content and energy. *Journal of Dairy Science*, 76:1014-1027.
- Lucy, M.C., C.R. Staples, F.M. Michel and W.W. Thatcher. 1991. Energy balance and size and number of ovarian follicles detected by ultrasonography in early postpartum dairy cows. *Journal of Animal Science*, 74:473-482.
- Mattos, R., A. Guzeloglu, L. Badinga, C.R. Staples and W.W. Thatcher. 2003. Polyunsaturated fatty acids and bovine interferon- γ modify phorbol ester-induced

- secretion of prostaglandin F2a and expression of prostaglandin endoperoxide synthase-2 and phospholipase-A2 in bovine endometrial cells. *Biology of Reproduction*, 69: 780–787.
- Mattos, R., C.R. Staples and W.W. Thatcher. 2000. Effects of dietary fatty acids on reproduction in ruminants. *Reviews of Reproduction*, 5:38-45.
- Montaño, E.L. y Z.T. Ruiz. 2005. ¿Por qué no ovulan los primeros folículos dominantes de las vacas cebú posparto en el trópico colombiano? *Rev Col Cienc Pec Vol 18:2* 127-135
- Montiel, F. and C. Ahuja. 2005. Body condition and suckling as factors influencing the duration of postpartum anestrus in cattle: a review. *Animal Reproduction Science*. 85:1-26.
- Nett, T.M. 1987. Function of the hypothalamic hypophyseal axis during the postpartum period in the ewes and cows. *Journal of reproduction and fertility*. 34 (Supp.): 201-213
- Oldick, B.S., C.R. Staples, W.W. Thatcher and P. Gyawu. 1997. Abomasal infusion of glucose and fat-effect on digestion, production, and ovarian and uterine functions of cows. *Journal of Dairy Science*, 80:1315-1328.
- Olivera, M., Z. Ruiz y M. Bruce. 1999. Interacción reproducción-nutrición: Es la leptina la clave?. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 12:2.
- Orribio, J. 2009. Efecto de los bloques multinutricionales sobre la degradabilidad *in vitro* de un heno de baja calidad. Trabajo presentado como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero Agrónomo, Mención Zootecnia. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. pp 15.
- Palmquist, D. L. 1996. Utilización de lípidos en dietas de rumiantes. En: <http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/96capitulolIII.pdf>
- Petit, H., R. Dewhurst, N. Scollan, J. Prolux, M. Khalid, W. Haresing, H. Twagiramungu and G. Mann. 2002. Milk production and composition, ovarian function, and prostaglandin secretion of dairy cows fed omega 3 fats. *Journal of Dairy Science*, 85:889-899.
- Santos, J., T. Bilby, W.W. Thatcher, C. Staples and F. Silvestre. 2008. Long chain fatty acids of diet as factors influencing reproduction in cattle. *Reproduction of Domestic Animals*, 43:23-30.
- Staples, C. and W.W. Thatcher. 2005. Effects of fatty acids on reproduction of dairy cows. En: P. C. Garnsworthy y J. Wiseman, (eds.). *Recent Advances in Animal Nutrition*. Nottingham University Press, Nottingham, UK. pp 229-256.
- Staples, C., B. Amaral, A. De Vries and W.W. Thatcher. 2007. Using fat supplementation to improve the chances of pregnancy of lactating dairy cows. *Western Dairy Management Conference*, Reno, Nevada. pp 1–14.

- Staples, C., R. Mattos, S. Boken, L. Sollenberger, W.W. Thatcher and T. Jenkins. 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>
- Staples, C., J. Burke and W.W. Thatcher. 1998. Influence of supplemental fats on reproductive tissues and performance of lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 81:856-871.
- Staples, C.R., M.C. Wiltbank, R.R. Grummer, J. Guenther, R. Sartori, F.J. Díaz, S. Bertics, R. Mattos and W.W. Thatcher. 2000. Effect of long chain fatty acids on lactation performance and reproductive tissues of Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 83:278. (Abstr.).
- Sudana, I. and R. Leng. 1996. Effects of supplementing a wheat straw diet with urea on a urea-molasses block and/or cottonseed meal on intake and live weight change of lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 16:25-35.
- Thangavelu, G., M. Colazo, D. Ambrose, M. Oba, E. Okine and M. Dyck. 2007. Diets enriched in unsaturated fatty acids enhance early embryonic development in lactating Holstein cows. *Theriogenology*, 68:949-957.
- Thomas, M.G. and G.L. Williams. 1996. Metabolic hormone secretion and FSH-induced superovulatory responses of beef heifers fed dietary supplements containing predominantly saturated or polyunsaturated fatty acids. *Theriogenology*, 45:451-458.
- Wettemann R.P. 1980. Postpartum endocrine function of cattle, sheep and swine. *Journal of Animal Science*. 51(Suppl. 2):2-14.
- Wettemann R.P., C.A. Lents, N.H. Caccioli, F.J. White and I. Rubio. 2003. Nutritional- and suckling-mediated anovulation in beef cows. *Journal of Animal Science*. 81(E. Suppl. 2):E48-E59.
- Williams, G. and R. Stanko. 1999. Dietary fats as reproductive nutraceuticals in beef cattle. En: <http://www.asas.org/jas/symposia/proceedings/0915.pdf>