



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA

Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias

Trabajo final de graduación para optar por el título de:
Ingeniera agrónoma

Suplementación estratégica durante el parto en vacas lecheras: efectos
sobre el balance energético

Alumna: Meliné Chahinian

Tutor: Ing. Agr. (PhD) Alejandro Palladino

Suplementación estratégica durante el periparto en vacas lecheras: efectos sobre el balance energético

Chahinian, Meliné

Fecha: 22/12/2020

Nota: 10 (diez)

RESUMEN

Se estudió el efecto de la suplementación con cascarilla de soja o grano de maíz sobre **CMS**, la producción y el balance energético de vacas lecheras durante la lactancia temprana. Se tomaron 24 vacas y se las dividió en dos grupos, a cada una se le asignó un tratamiento según el tipo de suplementación: grano de maíz y cascarilla de soja. Se observó que las vacas en las que se incluyó cascarilla de soja en dieta como reemplazo de almidón proveniente de grano de maíz, aumentaron su **CMS** de manera sostenida a lo largo del tratamiento. Las diferencias observadas entre metabolitos no fueron significativas, lo que permitió concluir que el uso de cascarilla de soja mejora el **CMS** sin afectar el resto de las variables y considerar un período de vaca fresca más corto sería conveniente para mejorar la producción posterior.

Palabras clave

Vaca en Transición - Cascarilla de soja - Almidón - Balance energético - Consumo de materia seca.

TABLA DE CONTENIDOS

Resumen.....	4
Palabras clave.....	4
Introducción	6
Objetivo.....	12
Materiales y métodos.....	13
Cuidado y alojamiento	13
Diseño y tratamiento de dietas	13
Duración del ensayo	13
Alimentación.....	14
Recolección de datos y análisis bioquímicos.....	17
Análisis estadístico.....	19
Resultados	20
Discusión.....	30
Conclusión	34
Bibliografía.....	35

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos 50 años se ha incrementado tanto la producción individual de leche como la eficiencia productiva, en contraposición a la eficiencia reproductiva que durante el mismo período se ha visto disminuida (Butler, 2003). La mayor producción de leche actual es producto de mejoras en el consumo de materia seca (**CMS**), en la calidad de las dietas y en una mayor movilización de reservas corporales. En este contexto, las vacas de alta producción presentan un balance energético negativo durante el inicio de la lactancia (como consecuencia de la alta movilización de reservas), y ven afectada negativamente su función reproductiva y la salud.

En Argentina, el uso de genética importada (E.E.U.U. y Canadá) produjo un aumento significativo de la producción individual y una merma en la eficiencia reproductiva (Casanova et al., 2004). Este efecto negativo sobre la reproducción se ve aún más agudizado debido a que los sistemas locales de producción se basan en el uso de pasturas como recurso principal, donde los consumos de energía son menores que en sistemas estabulados.

Una estrategia comúnmente utilizada para mejorar el consumo de energía es el uso de suplementos lipídicos. Este mayor consumo de energía no necesariamente ha logrado reducir el balance energético negativo (**BEN**) sino que muchas veces se ha traducido en una mayor producción de leche (Staples y Thatcher, 2006). Por otra parte, se sabe también que, durante esta etapa, el control del consumo de materia seca está regulado mayormente de forma fisiológica. El **CMS** y energía de los rumiantes puede cambiar en respuesta a cambios en la composición de la dieta o el estado metabólico de los animales. Estos cambios son difíciles de predecir mediante los modelos tradicionales de control del consumo, o mediante modelos utilizados en no rumiantes. En investigaciones realizadas en los últimos años, se encuentra evidencia de que los patrones

temporales de absorción de metabolitos, movilización de tejidos de reserva, y cambios en el metabolismo afectan el tamaño y la frecuencia de las comidas de los rumiantes (Allen et al, 2009).

Los mecanismos que afectan el consumo de alimento actúan en plazos temporales que abarcan desde minutos y horas, hasta semanas y meses. Los mecanismos que actúan a largo plazo incluyen aquellos que afectan el mantenimiento del peso corporal (por ejemplo, aumentos en la concentración de leptina en sangre al aumentar la adiposidad) así como adaptaciones homeoréticas al estado fisiológico del animal (por ejemplo, cambios en las concentraciones sanguíneas de hormonas durante la preñez o al comienzo de la lactancia). Los mecanismos de corto plazo están relacionados con las características de la dieta que afectan la distensión intestinal, los péptidos intestinales y la oxidación de los metabolitos, con respuesta variable según el estado fisiológico (Allen, 2014).

La teoría de que el consumo es controlado no solo por factores físicos como el llenado ruminal, sino también por señales enviadas hacia el cerebro por el hígado en respuesta a la oxidación de diferente variedad de metabolitos, es altamente aceptada en la actualidad. Este concepto es conocido como la teoría de la oxidación hepática del control del consumo, y está respaldada por numerosos estudios en ratas y otras especies de laboratorio. Un claro ejemplo está en las dietas utilizadas en la industria de feedlot, en la cual se logra como resultado la regulación del consumo de alimento principalmente por señales metabólicas en lugar de distensión ruminal, y en donde la fermentabilidad y la digestibilidad de la dieta pueden influir claramente en el **CMS**. En este contexto, Miron et al. (2003) sugieren aumentar el consumo de energía durante la lactancia, el reemplazo de parte del forraje de la dieta con subproductos ricos en fibra insoluble en detergente neutro (**FDN**) fácilmente digerible, como la cascarilla de soja. En función de lo expuesto, estudiar

estrategias de suplementación que aumenten el **CMS** durante el postparto inmediato pueden mejorar el balance energético y la performance animal (producción, reproducción y salud).

El período de transición en vacas lecheras es el tiempo comprendido entre los 21 días anteriores y 21 días posteriores a la fecha del parto. En este lapso, la vaca experimenta cambios en su fisiología, metabolismo y sufre alteraciones a nivel nutricional que repercutirán en el éxito productivo y reproductivo de su inminente lactancia. Existe una serie de enfermedades metabólicas e infecciones que se producen durante este período, que -mediante estrategias de manejo de alimentación adecuado- pueden prevenirse y así mantener las tasas de reproducción y futuras lactancias y mejorar el resultado económico de la empresa lechera mediante la producción actual sostenida.

Las enfermedades metabólicas están asociadas con la profunda disminución en el consumo durante el parto. Dicha disminución en el consumo en los primeros días postparto (**PP**) altera enormemente el balance entre calcio absorbido y excretado en leche, aumentando el riesgo de hipocalcemia. Además, la concentración de ácidos grasos no esterificados (**AGNE**) elevada en sangre, y la consecuente depresión en el consumo de alimento y el incremento de cetonas, probablemente comprometan la respuesta del sistema inmune aumentando el riesgo de retención de placenta y metritis (Allen et al, 2013).

El período de **PP** está caracterizado por la disminución de consumo de alimento y mayor demanda nutricional para mantener la producción de leche y demás funciones corporales. Un menor consumo de energía en esta etapa resulta en un **BEN**, predisponiendo al animal a enfermedades y bajo rendimiento (Albornoz et al, 2018). A través estrategias de manejo

implementadas en la alimentación se logran estados energéticos negativos menos pronunciados y consecuentemente su estado sanitario, productivo y reproductivo se afectarán en menor medida.

Los cambios que debe realizar la vaca para adecuarse a la demanda durante el período de lactancia se denominan homeorresis, la que consiste en adaptaciones fisiológicas a largo plazo que la vaca debe experimentar, para pasar de un estado fisiológico de vaca seca al de lactancia. Estos cambios van acompañados de cambios metabólicos. Si la vaca no es capaz de llevar adelante este proceso, se desencadenan enfermedades metabólicas como consecuencia de la inmunodepresión generada por la pérdida de homeorresis. Las principales enfermedades que se manifiestan durante el período de transición son tres: hipocalcemia, cetosis y acidosis metabólica; y están fuertemente ligadas al consumo de materia seca en todas las etapas desde vaca seca hasta pico de lactancia. A su vez, cuando la vaca ha sufrido alguna de estas enfermedades, y aunque se haya recuperado, la probabilidad de que sufra otras se incrementa. Tal es así que mastitis, retención de placenta y distocias son enfermedades que se manifiestan comúnmente luego de haber sufrido hipocalcemia. Las patologías asociadas a cetosis se relacionan con problemas de fertilidad y mortalidad embrionaria. También pueden presentarse casos de hígado graso y desplazamiento de abomaso, asociadas a cetosis, que en su totalidad repercutirán a corto plazo en una caída de producción de leche y a largo plazo se manifestará mediante baja fertilidad.

Las vacas en **PP**, también conocida como etapa de vaca fresca, difieren de las de lactancia tardía porque están en un estado lipolítico causado por la concentración baja de insulina en plasma y sensibilidad reducida a la insulina de los tejidos. Estas vacas requieren precursores de glucosa y las raciones deberían contener mayores concentraciones de almidón en la medida de lo posible. Sin embargo, son propensas a casos de acidosis ruminal y desplazamiento de abomaso. Por otra

parte, fuentes de almidón altamente fermentables incrementan la producción de ácidos grasos volátiles, mayormente el propiónico, que puede estimular la oxidación de combustibles en el hígado disminuyendo la ingesta de alimentos. Una mayor producción de carbohidratos fermentecibles pueden deprimir la digestibilidad de la fibra si se reduce pH ruminal, disminuyendo el consumo de energía aún más. Es por ello que las fuentes de almidón altamente fermentable deberían limitarse durante este periodo, que dura hasta dos semanas para la mayoría de las vacas; pero aún por más tiempo, para las vacas con una excesiva condición corporal (CC) al momento del parto o aquellas vacas con estrés por enfermedad o manejo (Allen et al, 2013).

Un entendimiento más mecanístico sobre cómo el metabolismo de los combustibles afecta la conducta de alimentación permitirá mejoras en la formulación de las dietas para el manejo de consumo de energía y partición en rumiantes (Allen, 2014).

Además de la caída de consumo de materia seca durante el periodo de transición, la vaca experimenta otros tipos de cambios que se dan a nivel hormonal. En el período preparto e inicio de lactancia disminuye la concentración de leptina en sangre que ocurre de manera conjunta con la movilización de grasa. Esta hormona es producida por el tejido adiposo que envía señales al sistema nervioso central sobre el estado nutricional de la vaca con el objeto de regular el consumo de alimento, entre otros.

Hay un creciente acuerdo en cuanto a la importancia del sensado de combustibles por parte de los tejidos. El hígado sería el primer sensor del estatus de energía que integra mecanismos de corto y largo plazo que afectan la saciedad y el hambre. En este sentido, experiencias previas demostraron que alimentando vacas frescas con una fuente de alto grado de fermentabilidad de almidón (grano de maíz de alta humedad) se disminuye el consumo de materia seca y la producción

de leche durante esta etapa en comparación a animales que recibieron grano de maíz seco, el cual posee una degradabilidad menor (Albornoz et al, 2018)

Por lo expuesto en esta revisión, es importante comprender el efecto de la suplementación de las vacas lecheras durante la lactancia temprana sobre **CMS**, la producción y el balance energético.

OBJETIVO

Estudiar el efecto de la suplementación con cascarilla de soja o grano de maíz sobre **CMS**, la producción y el balance energético de vacas lecheras durante la lactancia temprana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Cuidado y alojamiento

Las vacas fueron ubicadas en corrales individuales durante el experimento (5m. x 13m.). Diariamente los animales fueron alimentados una vez, provistos de agua al menos dos veces y ordeñados a la mañana y a la tarde. Se evaluó estado sanitario y general de cada vaca por chequeo veterinario.

Diseño y tratamiento de dietas

Los procedimientos experimentales fueron aprobados por el Comité Institucional de Cuidado y Uso de los Animales de Laboratorio (CICUAL), FAUBA. Se utilizaron 24 vacas de raza Holstein multíparas y primíparas del tambo perteneciente a la Fundación Instituto de la Leche (FIL) en la localidad de Suipacha, Provincia de Buenos Aires. Los animales utilizados respondieron a las siguientes características: 12 vacas primíparas y 12 multíparas, de peso vivo **PV** comprendido entre 522 y 670 kg, de composición corporal **CC** entre 2,75 y 4 evaluadas de acuerdo a la escala de 1 a 5 de Wildman et al. (1982), donde 1= flaca y 5=gorda.

Las vacas se dividieron en bloques en función del número de lactancias, producción previa, **PV** y **CC**. Dentro de cada bloque a cada animal se le asignó uno de los dos tratamientos de manera aleatoria.

Duración del ensayo

Las vacas ingresaron a los corrales aproximadamente 15-21 días antes del parto. Entre la fecha del parto y el último día del experimento transcurrieron 28 días. El experimento duró 45-50 días para cada vaca.

Alimentación

Se ofreció una dieta preparto para adaptar a las vacas que consistió en silaje de planta entera de maíz y 4 kg de alimento concentrado preparto comercial, **Tabla 1**, para vacas lecheras (Concentrado Preparto, Nutralmix S.A., 9 de julio, Buenos Aires). El concentrado aniónico se incluyó con el objeto de mantener el balance catión-anión negativo y mejorar la movilización de calcio en el postparto inmediato.

En el día del parto se le asignó el tratamiento a cada vaca. La alimentación consistió en una mezcla en proporción 50:50 de base seca de planta entera de maíz y el tratamiento en forma de suplemento: **T1: M** Tratamiento de maíz y **T2: CS** Tratamiento de cascarilla de soja, como se muestra en la **Tabla 3**. Las dietas experimentales fueron formuladas para ser isoproteicas y diferir en contenido de **FDN**, **FDA** y almidón. Se realizó ajuste semanal de la dieta que fue variable de acuerdo al contenido de materia seca de silaje de maíz medido. El alimento suministrado se mezcló en forma manual y en comederos individuales para cada animal. Durante los ordeñes no se suministró alimento. Diariamente se midió el remanente (alimento rechazado) previo a suministrar el nuevo para realizar el cálculo de **CMS**.

Las vacas contaban con disponibilidad permanente de agua en bebederos ubicados en el corral. En la **Tabla 2** se informa la composición de las dietas en cuanto a ingredientes y nutrientes. Las dietas fueron formuladas para atender a los requerimientos de acuerdo a NRC (2001). El análisis composicional del alimento fue realizado en el laboratorio de Nutrición Animal de la FAUBA, donde se analizó: Materia Seca (**MS**), Fibra Cruda (**FC**), Extracto Etéreo (**EE**) y cenizas, (AOAC, 1984); Proteína Bruta (**PB**), Nitrógeno total por métodos de Kjeldahl y multiplicado por factor de conversión 6.25 (AOAC, 1984) con equipo Pro-Nitro® (J.P. Selecta, Barcelona, España);

Fibra Detergente Neutro (**FDN**) y Fibra Detergente Ácido (**FDA**) mediante la técnica Goering and Van Soest (1970), con equipo ANKOM® modelo 220 y almidón, mediante Kit enzimático.

Tabla 1 Composición del alimento parto:

Concentrado Aniónico Plus 300	Preparto	%
Maíz		20.000%
Pellet de girasol		10.000%
Gluten feed		5.000%
Afrechillo de trigo		19.500%
Óxido de Magnesio		1.000%
Premix vaca parto		0.250%
Harina de soja Hi Pro		38.000%
Sulfato de Magnesio		2.300%
Sulfato de Calcio		0.500%
Cloruro de Calcio		1.450%
Cloruro de Amonio		2.000%

Tabla 2 Composición de los suplementos utilizados

Ingredientes (g/Kg MS)	Maíz	Cascarilla de soja
Maíz	449,94	202,47
Expeller de soja	337,46	304,84
Cascarilla de soja	168,73	449,94
Urea	14,62	13,50
Carbonato de Calcio	11,25	11,25
Sulfato de Magnesio	5,62	5,62
Sal	10,12	10,12
Núcleo vitamínico mineral	2,25	2,25

Tabla 3 Composición química de los alimentos utilizados durante el experimento (pool de muestreos semanales), expresado en g/kg MS

	Silaje de Maíz	Ración Pre Parto	Cascarilla de Soja	Maíz
Materia Seca Total	270,03	877,09	859,25	855,24
Ceniza	51,92	88,93	80,01	77,65
Proteína	76,13	357,84	244,47	260,45
Extracto etéreo	25,44	44,89	50,23	46,44
aFDN mo	411,14	270,11	328,31	266,38
FDA mo	184,43	93,68	208,96	140,68
Hemicelulosa	226,71	176,43	119,34	125,70
Celulosa	172,75	72,77	204,60	131,62
LDA mo	11,68	20,90	4,36	9,06
Almidón	276,69	231,96	202,91	246,30
DMS	793,62	696,75	930,11	812,30
EM	2,68	2,94	2,61	2,81

aFDN: fibra insoluble en detergente neutro obtenida con amilasa termoestable **mo:** materia orgánica; **FDA:** fibra insoluble en detergente ácido; **LDA:** lignina insoluble en detergente ácido; **DMS:** digestibilidad de la MS; **EM:** energía metabolizable

Recolección de datos y análisis bioquímicos

Las muestras de sangre fueron recolectadas de la vena yugular externa, antes de que las vacas sean alimentadas a las 9:00 am, los días 1, 7, 14, 21 y 28 después del parto. La extracción se realizó el mismo día del parto, en vacas con pariciones durante la madrugada o bien al día siguiente para partos vespertinos, en brete inmovilizador Farmquip®. Luego, se repitió el procedimiento los días 7, 14, 21 y 28, cuando finalizó el ensayo. Las tomas de muestras se realizaron con holder amarillo convencional y aguja de 20G x 38 mm. Se recolectaron con tres tubos Vacutainer - Becton Dickson: con EDTA, con heparina de sodio y con gel acelerante. Los tubos con EDTA y heparina de sodio fueron centrifugados durante 15 minutos a 1500 rpm. El plasma fue recogido y almacenado a -20°C hasta efectuar su análisis. Las muestras de plasma fueron analizadas en duplicado.

Se utilizaron kits comerciales para determinar la concentración de insulina en plasma media (Test de ELISA) y **BHOB** con kit. Se midió concentración de glucosa en plasma y **BHOB** a campo con Tiras Blood Glucose Test Strip Abbott Diabet Care mmol/L y Blood b-ketone test strip Abbott en mmol/L leídas en dispositivo lector de tiras FreeStyle Optium Neo.

Las vacas en lactancia fueron ordeñadas dos veces al día, a las 6:00 y a las 16:00, momentos en los que se tomó registro diario de la producción de leche, en cada ordeño. Se recogió muestra de calostro en el día del parto y de leche los días 7, 14, 21 y 28 después del parto con el objeto de realizar el análisis de composición de leche mediante MilkoScan, MilkoScan 203 (DK-3400, Foss Electric, Hillrød, Denmark). La producción de leche se midió a través de lactómetros Ezi-Test True Test. Para realizar análisis de composición de leche se refrigeraron las muestras a 4°C y se enviaron para su análisis mediante el método de Espectrofotometría infrarroja al Laboratorio Villa María (Sucursal Lobos, Buenos Aires).

El peso vivo se registró al iniciar el experimento, el día del parto y los días 7, 14, 21 y 28. Se utilizó balanza de barras con indicador de pesaje XR 3000 True-Test y bastón lector XRS2 True-Test para almacenar el dato y condición corporal previo.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando el software SAS (SAS 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC). Los resultados fueron analizados como un diseño en bloques completos aleatorizados utilizando el procedimiento mixto (PROC.MIXED), donde el animal y el bloque fueron incluidos como efecto aleatorio. Las medias fueron comparadas mediante test de Tukey ($\alpha = 0,05$). La ecuación del modelo se describe como:

$$Y_{ijk} = \mu + \text{bloque}_i + \text{trat}_j + \text{día}_k + \text{bloque}_i * \text{trat}_j + \text{trat}_j * \text{día}_k + \text{Error}_{ijk}$$

donde: μ es la media general, bloque_i es cada grupo de 2 animales, trat_j es el efecto del tratamiento (Maíz o Cascarilla de Soja), día_k representa el día de muestreo, $\text{bloque}_i * \text{trat}_j$ y $\text{trat}_j * \text{día}_k$ son las interacciones, y Error_{ijk} es el error experimental. Las diferencias fueron declaradas con $P < 0,05$ y las tendencias se discutieron cuando $P < 0,10$.

RESULTADOS

Los animales en el tratamiento **CS** consumieron aproximadamente 2.7 kg más de MS/d en comparación con los del tratamiento **M** ($P < 0.01$). En cuanto a calidad de leche, sólo se observan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en el contenido de lactosa en leche. Para el resto de las variables analizadas no se observaron diferencias estadísticamente significativas (Tabla 5).

	Tratamiento		SEM	Significancia			
	CS	M		Bloque	Trat	Día	Trat*día
Producción de leche	24,4	25,9	1,34	<0,0001	NS	<0,0001	NS
CMS (kg/día)	21,0	17,3	0,63	<0,0001	<0,0001	<0,0001	NS
FCM (l/día)	23,9	24,9	1,28	<0,0001	NS	<0,0001	NS
GB (g/100 ml)	3,91	4,03	0,21	<0,01	NS	<0,0001	NS
Proteína (g/100 ml)	3,57	3,62	0,08	NS	NS	<0,0001	NS
Lactosa (g/100 ml)	4,93	4,82	0,05	NS	0,06	<0,0001	NS
Sólidos totales (g/100 ml)	13,61	13,57	0,28	<0,01	NS	<0,0001	NS
GB (kg/día)	1,04	1,08	0,08	NS	NS	0,08	NS
Proteína (kg/día)	0,94	1,00	0,06	0,07	NS	<0,05	NS
Lactosa (kg/día)	1,30	1,34	0,08	<0,05	NS	<0,0001	NS
Sólidos totales (kg/día)	3,54	3,73	0,23	NS	NS	<0,01	NS

Tabla 5 Consumo de materia seca, Producción y composición de la leche para el periodo experimental de vacas Holstein en lactancia temprana según tratamiento recibido (**CS** = Cascarilla

de Soja; **M** = Maíz) **CMS**: Consumo de Materia Seca; **FCM**: Fat Corrected Milk; **GB**: Grasa Butirosa

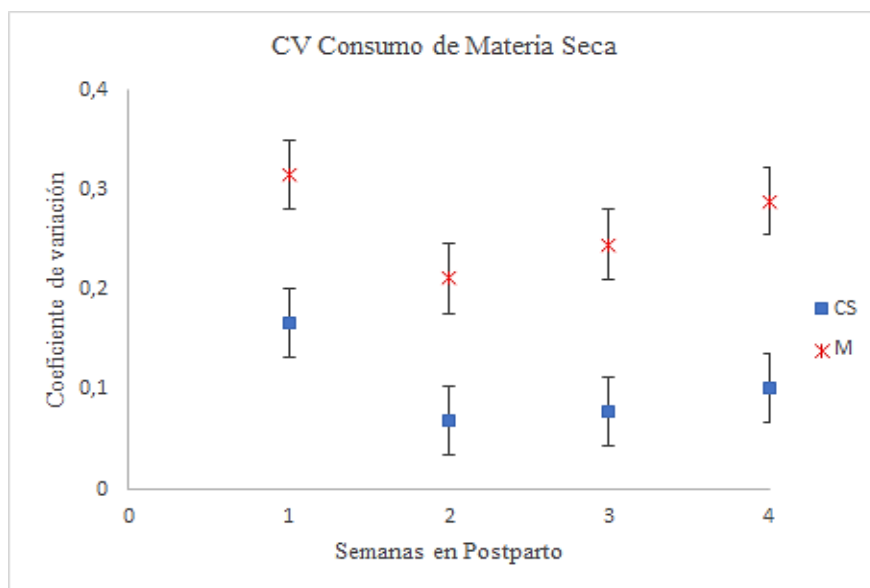


Figura 1 Coeficiente de Variación del CMS entre tratamientos (CMS= Consumo de Materia Seca; CV= Coeficiente de Variación; M= Maíz; CS= Cascarilla de Soja)

Tanto para el consumo de materia seca como para la producción de leche, la variabilidad encontrada en el tratamiento **M** fue mayor que en el tratamiento **CS**. Se sabe que esta etapa presenta mucha variabilidad entre animales debido a los cambios hormonales que ocurren y que afectan la respuesta animal de forma diferencial. Sin embargo, es evidente que una mayor concentración de almidón en la dieta provoca un mayor grado de alteración digestiva que puede repercutir en el **CMS**. Es probable que los animales en el tratamiento **M** hayan tenido episodios intermitentes de acidosis subclínica que provocaron disminuciones del **CMS** y su posterior recuperación. Consecuentemente, se desprende que las dietas con mayor contenido de almidón no sólo pueden ser peligrosas desde el punto de vista de la acidosis ruminal, sino también que pueden desencadenar otras patologías asociadas al periparto debido a una disminución global del **CMS** y una

agudización del **BEN** estimado. Los metabolitos sanguíneos observados, sin embargo, no sólo no muestran diferencias significativas entre tratamientos para la mayoría de las mediciones, sino que muestran mayor contenido de **BOHB** y **AGNE** al día 7 en el tratamiento **CS**.

El propionato es producido primariamente por fermentación ruminal de almidón. Entre los combustibles metabolizados en el hígado de rumiantes, el propionato es una señal primaria de saciedad porque su flujo al hígado aumenta enormemente durante las comidas. La tasa de producción de propionato y el flujo al hígado dentro de las comidas es determinada primariamente por la tasa de alimentación, como así la concentración y la fermentabilidad ruminal de almidón en dieta. El propionato es eficientemente extraído por el hígado y puede ser oxidado por la conversión a Acetil CoA cuando su tasa de extracción excede la tasa de uso para la producción de glucosa y la concentración de acetil CoA es baja. Cuando las vacas se encuentran en estado lipolítico y la concentración hepática de Acetil CoA es elevada, la oxidación de propionato es inhibida y el propionato será utilizado como un precursor de glucosa. Sin embargo, el propionato entra en el ciclo de tricarboxílico **TCA** y puede simular la oxidación del pool de Acetil CoA existente generando **ATP** e incrementando la carga energética. (Allen et. al, 2013).

La caída de consumo de alimento durante la transición desde la gestación a la lactancia posiblemente sea causada por el constante suministro de **AGNE** al hígado; la concentración de **AGNE** en plasma y el consumo de materia seca están inversamente relacionados durante el período de periparto y la oxidación hepática de **AGNE** posiblemente sea una señal inhibitoria más consistente desde el hígado que estimula la saciedad. (Allen et al, 2013)

Debido a que la ingesta de alimento es menos limitada por distensión ruminal durante este periodo y es deseable lograr una mayor masa digestiva en rumen, la concentración de **FDN** debería

ser mayor al 23% utilizando fuentes de fibra no forrajera para diluir la concentración de almidón si fuera necesario. La concentración de almidón debe ser disminuida cuando se alimenta con recursos de almidón altamente fermentable (para evitar la depresión del consumo de alimentos y del pH ruminal), que disminuirá el consumo energético (Allen et al, 2013).

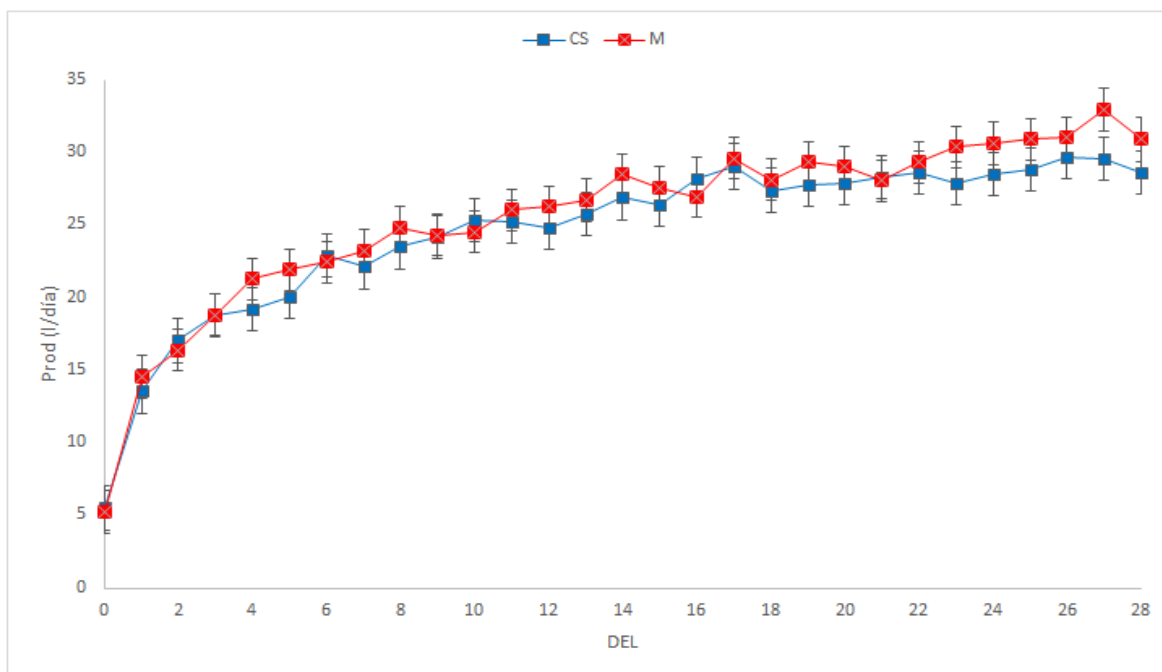


Figura 2 Producción diaria de leche durante el periodo experimental para vacas Holstein en lactancia temprana según tratamiento recibido (CS= Cascarilla de Soja; M= Maíz; Prod= Producción; DEL= Días en Leche)

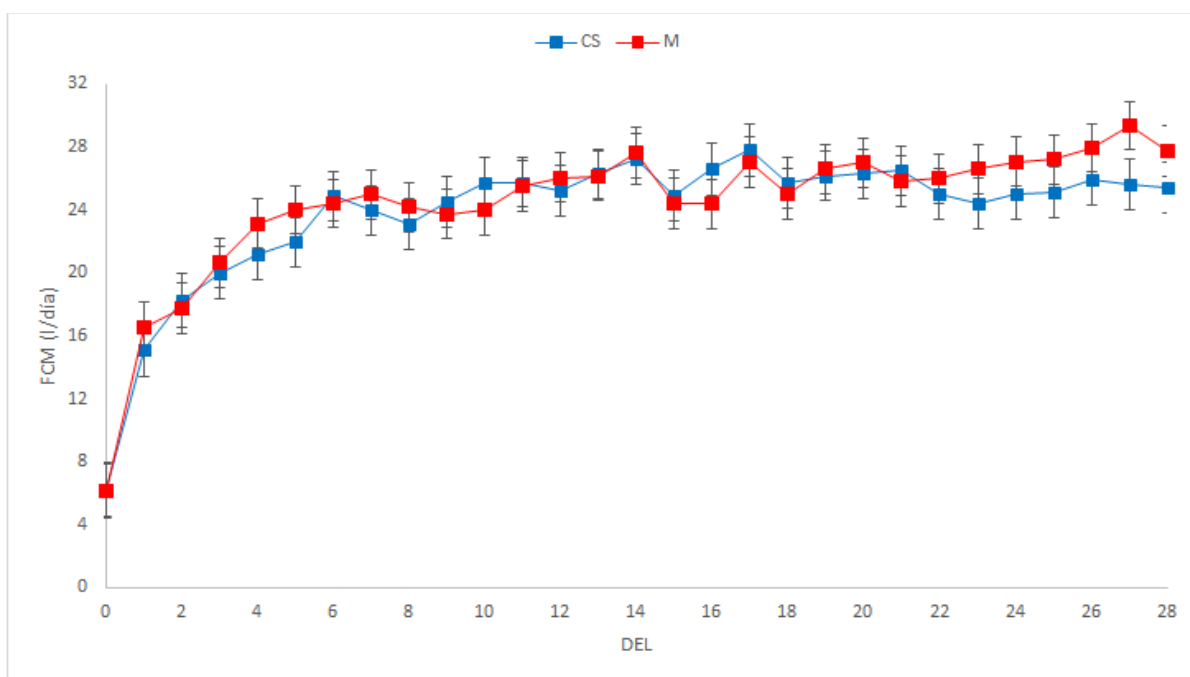


Figura 3 Producción diaria de leche corregida por grasa durante el periodo experimental para vacas Holstein en lactancia temprana según tratamiento recibido (CS = Cascarilla de Soja; M = Maíz; FCM= Fat Corrected Milk; DEL: Días en Leche)

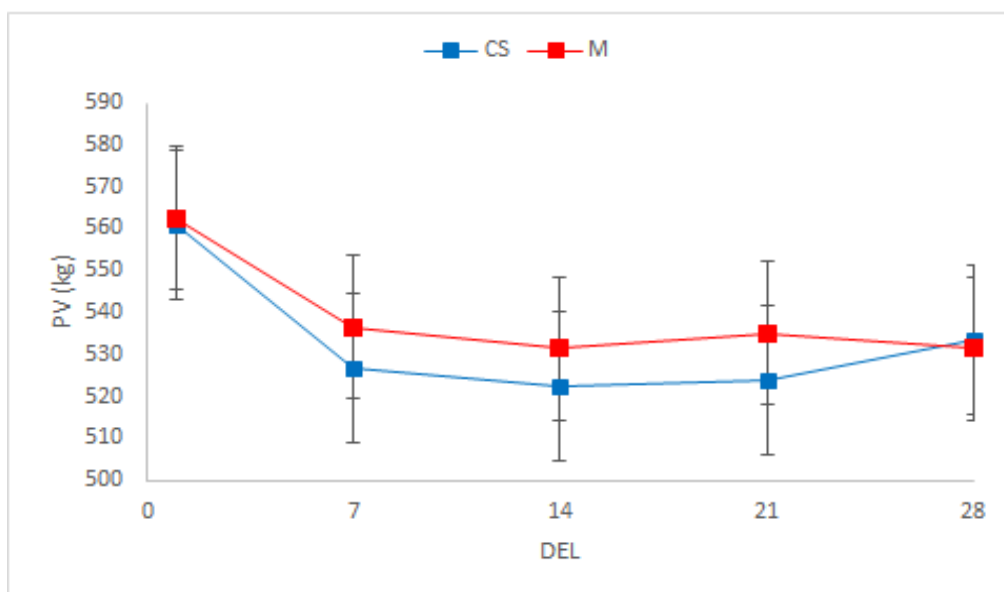


Figura 4 Variación del peso vivo entre el día 0 al 28 postparto para cada tratamiento (**M**= Maíz; **CS**= Cascarilla de Soja; **PV**= Peso Vivo; **DEL**= Días en Leche)

No hubo diferencias significativas en peso vivo entre tratamientos, observándose una caída del mismo solo durante la primera semana postparto.

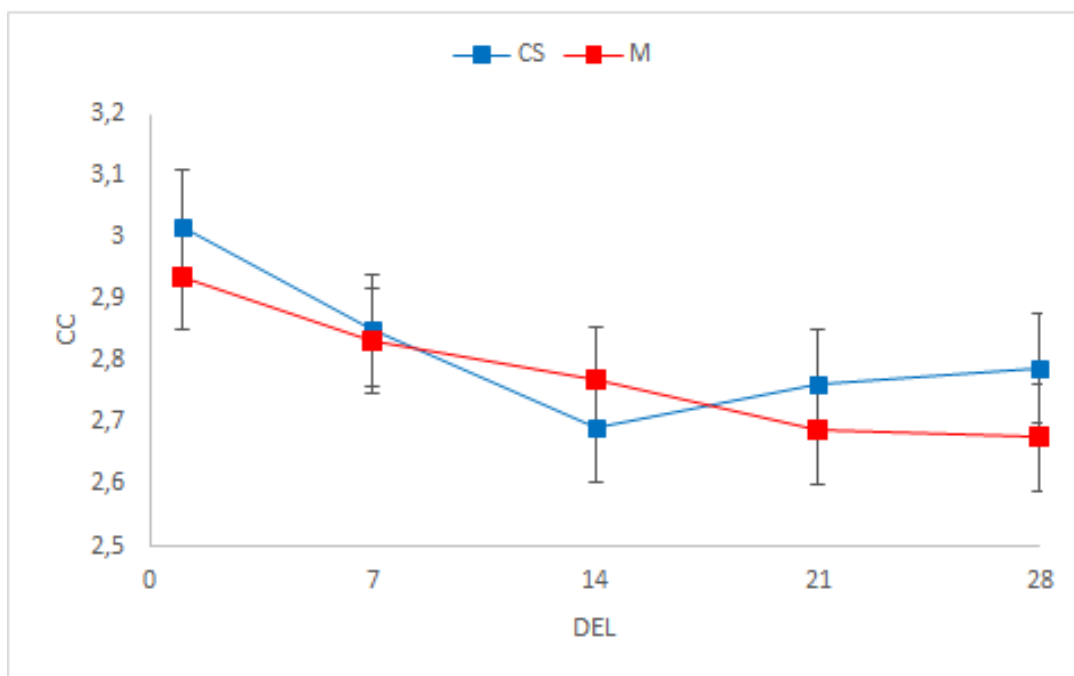


Figura 5 Variación de la condición corporal desde el parto y hasta el día 28 postparto (**M**= Maíz; **CS**= Cascarilla de Soja; **CC**= Condición Corporal; **DEL**= Días en Leche)

Al igual que con el peso vivo, la **CC** no presentó diferencias significativas entre tratamientos, en concordancia con otros indicadores de balance energético.

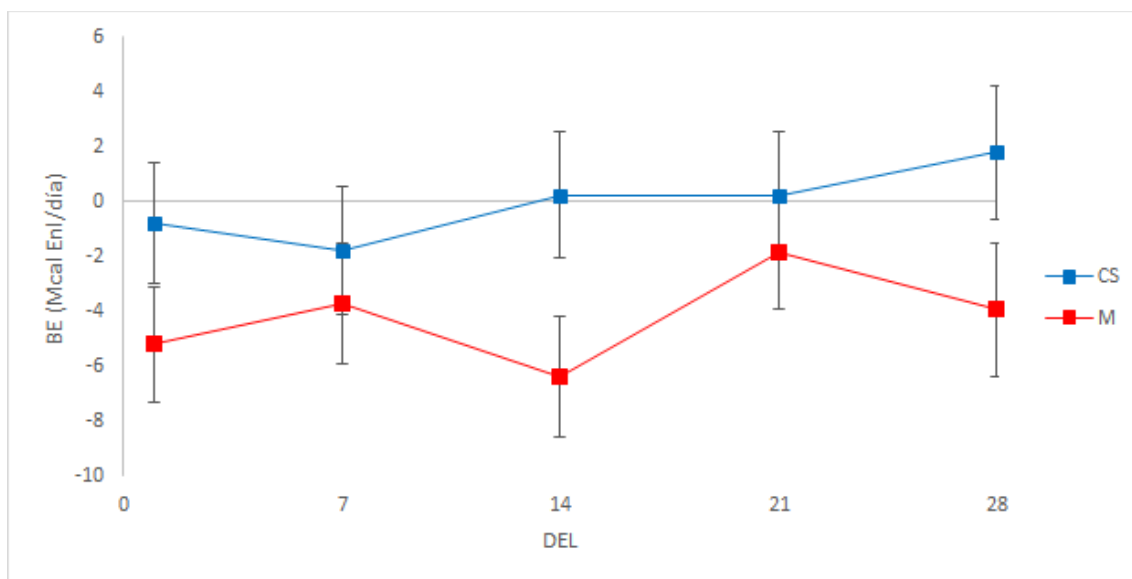


Figura 6 Balance energético de vacas Holstein en lactancia temprana recibiendo **CS** o **M** como tratamiento durante el periodo experimental (**M**= Maíz; **CS**= Cascarilla de Soja; **BE**= Balance Energético; **DEL**= Días en Leche)

El balance energético (**BE**) en el tratamiento con **CS** disminuyó durante las primeras dos semanas, pero a partir del día 14 logró mejorar y mantenerse hacia el final del tratamiento en valores cercanos o iguales a cero. En el caso de los animales consumiendo **M**, el **BE** fue siempre negativo durante el periodo experimental.

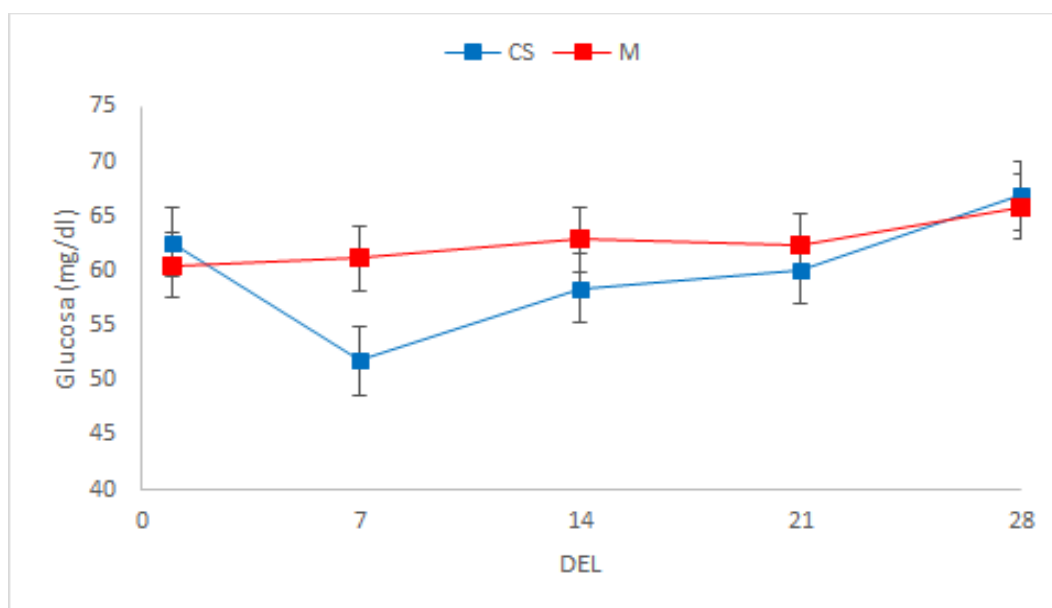


Figura 7 Cambios en las concentraciones de glucosa en plasma desde el día del parto hasta el día 28 en cada tratamiento (**M**= Maíz; **CS**= Cascarilla de Soja; **DEL**= Días en Leche)

Los niveles de glucosa postparto fueron similares entre tratamientos salvo para el día 7 donde los animales consumiendo **M** presentaron mayores valores que **CS**.

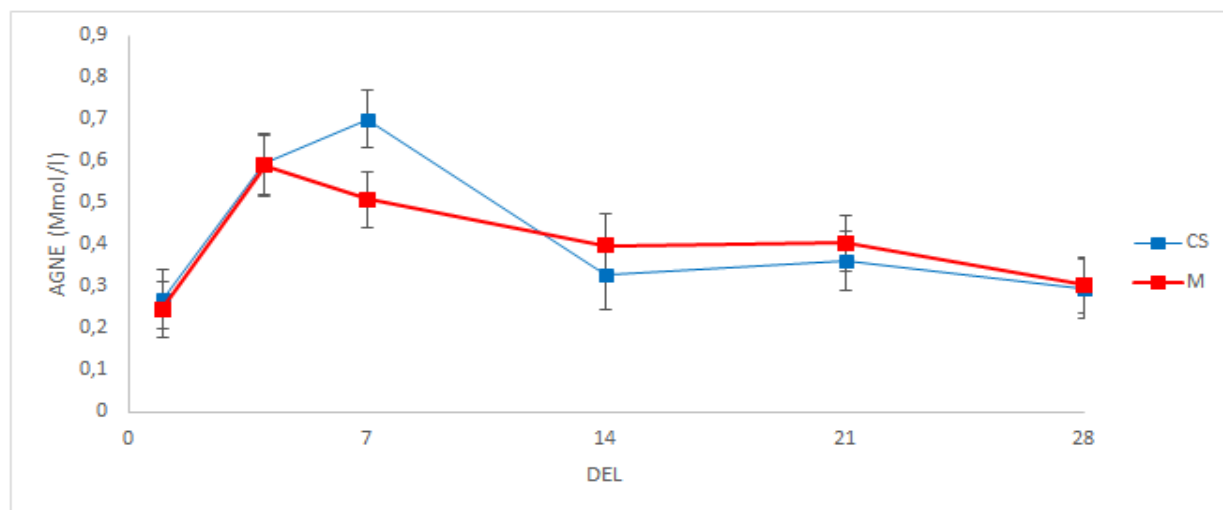


Figura 8 Variaciones en las concentraciones de **AGNE** en cada tratamiento (**M**= Maíz; **CS**= Cascarilla de Soja; **AGNE**= Ácidos Grasos de Cadena No Esterificada; **DEL**= Días en Leche)

Los valores de **AGNE** tienden a verse incrementados a partir de la fecha de parto, para luego caer a medida que se incrementa el consumo de materia seca y se logra volver al valor inicial. Las diferencias que podemos apreciar entre ambos tratamientos se ven al día 7.

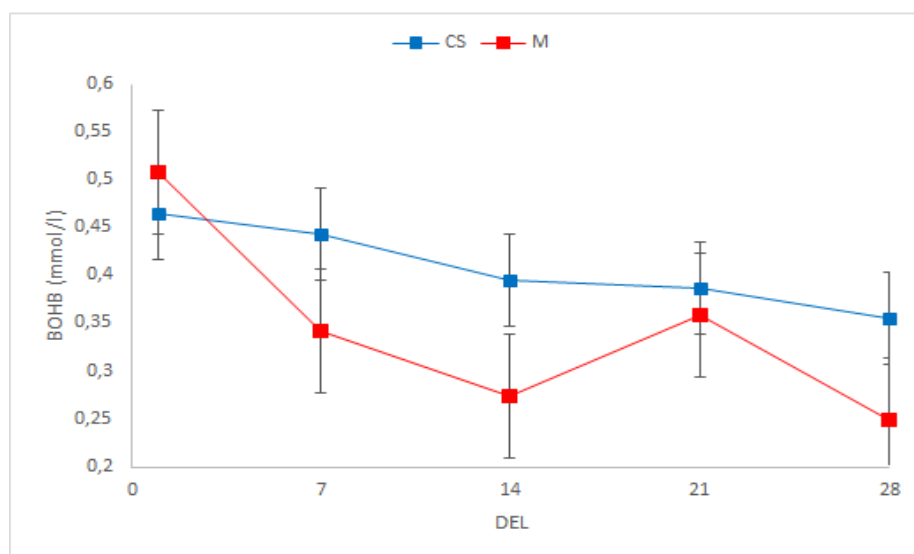


Figura 9 Contenido de **BOHB** en sangre desde el día del parto hasta el día 28 de postparto. (M= Maíz; CS= Cascarilla de Soja; **BOHB**= Beta-hidroxibutirato; **DEL**= Días en Leche)

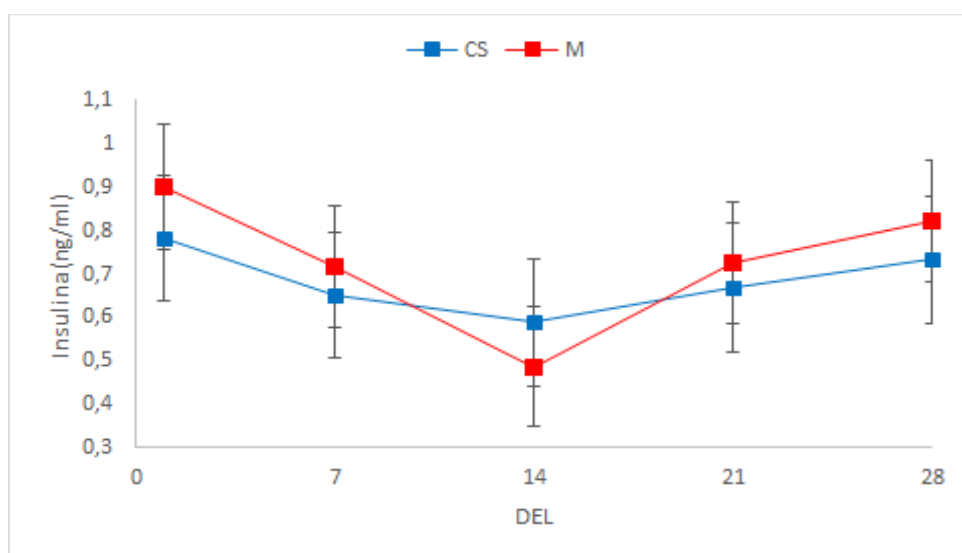


Figura 10 Concentración de insulina en plasma desde el día del parto al día 28 en cada tratamiento

(**M**= Maíz; **CS**= Cascarilla de Soja; **DEL**= Días en Leche)

DISCUSIÓN

Si bien no se observaron diferencias significativas en producción de leche, numéricamente los animales en el tratamiento **M** presentaron una mayor producción de leche. La ausencia de diferencias significativas es probable que sea debido a la gran variabilidad existente entre animales para la variable producción, típica de este momento de la lactancia. A continuación del periodo postparto el rendimiento lácteo continúa incrementándose en forma homogénea durante varias semanas y el control de ingesta de alimentos es dominado cada vez más por la distensión ruminal. En este estadio las vacas responden bien a las raciones con menor concentración de **FDN** en forraje (bajo llenado) y almidón altamente fermentable. La concentración de almidón de las raciones debería estar entre 25-30% MS, aunque la concentración óptima depende de la fermentabilidad del almidón y la concentración de **FDN** del forraje. Alto almidón en raciones y bajo llenado aumentan los picos de rendimiento lácteo y disminuyen la pérdida de condición corporal en la lactancia temprana. Es probable que en el presente ensayo el cambio a la dieta con alto almidón hubiera sido adecuado mucho antes de los 28 días postparto para el tratamiento **CS**. De hecho, en la **Figura 6** se puede observar que los animales en **CS** alcanzan un **BEN** = 0 aproximadamente a los 14 días en leche (**DEL**), y están desde el punto de vista metabólico más que adaptados para pasar a una dieta con mayor contenido de almidón. Consecuentemente cambiar a esta dieta cuando las vacas estén preparadas contribuirá a disminuir el bache entre el suministro y demanda de glucosa, disminuyendo el riesgo de cetosis espontánea alrededor del pico de lactancia (Allen et al, 2013).

En la primera semana se observa un aumento más marcado del nivel de **FCM** que luego tenderá a estabilizarse a lo largo de los días, hacia el final del tratamiento. Con suplementación a

grano de maíz se observa niveles mayores de **FCM** en algunos períodos, aunque estas diferencias no son estadísticamente significativas.

Con respecto al peso vivo, aunque no es un marcador exacto de balance energético, el mantenimiento de peso luego de la primera semana habla de una correcta transición energética.

El balance energético (**BE**) se vio favorecido con el tratamiento de **CS**. En cambio, el **BE** fue siempre negativo en los animales consumiendo **M**, lo cual podría tener consecuencias negativas en el corto plazo.

El grado y longitud del **BEN** pueden disminuir la fertilidad, por lo cual los métodos para incrementar el consumo energético durante los primeros tiempos de lactancia ayudarían a mejorar la performance reproductiva (Allen et al, 2013).

Con respecto a la diferencia observada en la concentración plasmática de glucosa, es consistente con el aumento de **BOHB** en el tratamiento **CS** registrada al día 7, lo cual puede indicar que los animales en **CS** tuvieron un balance energético más negativo (no coincidente con el **BE** estimado a partir de los consumos de materia seca y producción de leche) o un cambio importante en los metabolitos principales generados por cada tipo de dieta (más **BOHB** en **CS** como consecuencia de mayor consumo y digestibilidad de fibra).

En el caso de los **AGNE**, mientras que la suplementación con **M** mantiene constante la caída, por incremento progresivo de energía con el consumo incrementado de materia seca, la suplementación con **CS** sigue aumentado, para luego hacer una caída más abrupta. Es decir, en la primera semana el balance energético de **CS** y la movilización de reservas corporales parecería ser mayor, aunque por debajo de los valores considerados umbrales de un **BEN** crítico.

Durante el período de transición, en preparto, la movilización de grasas se vuelve inevitable ante la reducción del consumo de materia seca, y se registran aumentos de los niveles de **BOHB** en sangre. La movilización de reservas comienza dos semanas antes del parto para alcanzar el pico máximo el día del parto, e irá disminuyendo a medida que la vaca comienza a ingerir materia seca. A partir de la fecha de parto, estos niveles tienden a tomar valores similares a los del inicio del período de transición cuya variación durante el período postparto difiere de acuerdo al tratamiento. En el presente trabajo los niveles de **BOHB** fueron bajos en ambos tratamientos, demostrando que los animales no se encontraban bajo un **BEN** pronunciado. Sólo al día 7 se observa una mayor concentración de **BOHB** en CS, pero probablemente parte de este valor sea explicado por el alto consumo de materia seca que presentó el tratamiento en esta primera semana de ensayo, lo cual podría haber repercutido en una mayor concentración de ácido butírico en rumen como producto de una mayor digestión ruminal. La oxidación de **AGNE** en el hígado probablemente induce a la saciedad, lo que puede causar una disminución de ingesta de alimento. La supresión de ingesta de alimento a continuación del parto puede impedir la aparición de la normoglucemia, extendiendo el estado lipolítico por días o semanas postparto. La disminución de alimento consumido que ocurre durante el periparto es probablemente causada por el estado lipolítico que es establecido varias semanas antes del parto y aumenta días más tarde antes del parto (Allen et. al, 2013).

En el periodo de postparto un limitado incremento de concentración de cuerpos cetónicos en el plasma de **BOHB** menor a 1,2 mmol/L debería considerarse normal debido a que la movilización de lípidos y oxidación de **AGNE** es la respuesta esperada para una sensibilidad de la insulina y la concentración de insulina en sangre disminuida en torno al parto. Concentración de **BOHB** en plasma por debajo de 1.2 mmol/L son indicadores de buena transición desde la gestación

a la lactancia. En contraste, la elevada concentración de cuerpos cetónicos en plasma indica un estado lipolítico que probablemente suprimen el consumo de alimento. En este caso, las vacas en parto podrían beneficiarse de una dieta con composición diferente de la que sería óptima días o semanas más tarde, cuando el control del consumo del alimento por oxidación hepática se vuelve moderado y las señales de la distensión ruminal comienzan a dominar (Allen et. al, 2013).

Es sabido que durante la lactancia temprana los niveles de insulina caen mientras que la resistencia a la misma aumenta en los tejidos periféricos (Allen et. al, 2013). Este fenómeno sucede para que los nutrientes sean derivados a glándula mamaria y no sean utilizados en el resto de los tejidos. Tal como se esperaba, los niveles de insulina disminuyeron al momento del parto para ambos tratamientos y no difirieron entre tratamientos, mostrando un alto nivel de insensibilidad a los niveles de glucosa (los cuales fueron diferentes al día 7 entre tratamientos).

CONCLUSIÓN

La inclusión de cascarilla de soja en la dieta como reemplazo de almidón proveniente de grano de maíz en vacas lecheras de alta producción aumentó el **CMS** de manera sostenida a lo largo del periodo de tratamiento.

Si bien los valores del **BE** para **M** fueron negativos si se los compara con **CS**, el cual fue prácticamente nulo, en ambos casos el valor de **BOHB** fue menor a 1.2 Mmol/mL, valor umbral por debajo del cual se considera que el balance de energía no es detrimental. Las diferencias observadas entre metabolitos no fueron estadísticamente significativas. Una vez pasados los primeros 14 días parecería que la producción de leche fuera superior al menos numéricamente en **M**, aunque las diferencias no son significativas. En conclusión, el uso de **CS** en el postparto inmediato mejora el **CMS** sin afectar el resto de las variables productivas. Probablemente y a la luz de nuestros resultados, un periodo de vaca fresca más corto sería conveniente para mejorar la producción de leche posterior.

BIBLIOGRAFÍA

- Albornoz, R. I. and Allen, M. S., 2018. Highly fermentable starch at different diet starch concentrations decreased feed intake and milk yield of cows in the early postpartum period. *J. Dairy Sci.* 101:1–14.
- Allen, M.S., Bradford, B.J., Oba, M., 2009. Board invited review: the hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. *J Anim Sci*;87(10):3317–34.
- Allen M. S., 2014. Drives and limits to feed intake in ruminants. *Anim. Prod. Sci.* 54:1513–1524.
- Allen, M. S. and P. Piantoni., 2013. Metabolic control of feed intake: Implications for metabolic disease of fresh cows. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 29:279–297.
- AOAC: Association of Official Analytical Chemists, 1980. *Official Methods of Analysis*, 13th ed., AOAC, Washington, DC.
- Butler, W.R., 2003. Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum Dairy cows. *Livestock Prod. Sci.* 83:211–218.
- Casanova, D. Rodriguez, E.M. y Andere, C.I., 2004. *Evaluación Genética de Reproductores Holando Argentino. Producción y tipo*. Ed. Universidad Nacional del Centro de la Pcia. de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Veterinarias. 7º edición. Noviembre 2004.
- Goering, H., and Van Soest, P. 1970. Forage fibre analysis (apparatus, reagents, procedures, and some applications). *Agricultural Handbook 379*. Washington, DC, USA: USDA-ARS, US Government Printing Office.
- Miron, J., E. Yosef, E. Maltz, and I. Halachmi., 2003. Soybean hulls as a replacement of forage neutral detergent fiber in total mixed rations of lactating cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 106:21–28.
- NRC: National Research Council, 2001. *Nutrient requirements of dairy cattle*, seventh ed. NRC National Academy of Sciences, National Academy Press, Washington, DC.
- SAS, 2015. *SAS User's Guide: Statistics*, version 9.4. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Staples, C.R., Thatcher, W.W., 2006. Effects of fatty acids on reproduction of dairy cows. In *recent Advances in Animal Nutrition 2005*. P.C. Garnsworthy and J. Wiseman, eds. Nottingham University Press, Nottingham, UK. Pp 229–256.
- Wildman, E. E., G. M. Jones, P. E. Wagner, R. L. Boman, H. F. Troutt Jr., and T. N. Lesch. 1982. A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. *J. Dairy Sci.* 65:495–501.