



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

# **Efecto de dos suplementos energéticos sobre el control del balance energético negativo en vacas de producción de leche**

**Laura Lucia Gómez Ortiz**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de  
Ciencia Animal  
Palmira, Colombia  
2015



# **Efecto de dos suplementos energéticos sobre el control del balance energético negativo en vacas de producción de leche**

**Laura Lucia Gómez Ortiz**

Tesis de investigación presentada como requisito para optar al título de:  
**Magister en Ciencias Agrarias**

Director (a):  
DSc. Rómulo Campos Gaona

Línea de Investigación:  
Producción Animal Tropical  
Grupo de Investigación:  
Grupo de investigación conservación, mejoramiento y utilización de ganado criollo Hartón del Valle y otros recursos genéticos animales en el suroccidente colombiano.

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Ciencia Animal  
Palmira, Colombia  
2015

## *Dedicatoria*

*A Dios por ser la luz que ilumina el sendero.*

*A mis padres y mis abuelos por ser mi ejemplo a seguir.*

*A mi hermano por ser mi motor de vida.*

*A mi esposo por ser mi compañero incansable durante este camino.*

*A mis maestros por compartir su sabiduría.*

*A mis amigos que lejos o cerca siempre serán mi mayor riqueza.*

## **Agradecimientos**

Al grupo de investigación: “Conservación, mejoramiento y utilización del ganado criollo Hartón del Valle y otros recursos genéticos animales en el suroccidente colombiano” por el apoyo académico, logístico y financiero para el desarrollo del experimento.

A Colciencias (Departamento administrativo de Ciencia y Tecnología) por el apoyo financiero al proyecto mediante la beca “Jóvenes Investigadores e Innovadores” es su convocatoria 619 de 2013.

Al Profesor Rómulo Campos G, por la dirección y asesoría durante el desarrollo del experimento.

Al profesor Leónidas Giraldo por su acompañamiento y asesoría durante la fase de campo del experimento.

Al propietario y al personal encargado de la ganadería en la hacienda “Los Sauces” por permitir la realización del experimento.



## Resumen

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de dos suplementos energéticos asociados al propionato y de alta densidad sobre el balance energético negativo durante el período de transición de vacas lecheras, para este fin se utilizaron 21 vacas de dos a tres partos, con producciones promedio de 15 litros/día y que estuvieran en los 15 días próximos al parto, las cuales se distribuyeron en tres grupos aleatoriamente. Las vacas del tratamiento 1 (n=7) recibieron 150g de propilenglicol (PG) vía oral cada tercer día durante 90 días. A las vacas del tratamiento 2 (n=7) se les suministró vía oral 200g de propionato de calcio día de por medio. El tratamiento control (n=7) no recibieron suplementación. Se obtuvieron 8 muestras de sangre a partir del primer día del tratamiento hasta el día 75 después del parto para todos los tratamientos en las que se determinó la concentración sérica de NEFA, BHB, Glucosa, Colesterol, Triglicéridos, Calcio, Magnesio, Fósforo, Cortisol y T3. Los resultados fueron analizados bajo un diseño mixto de medidas repetidas en el tiempo utilizando el software InfoStat (2008). No se encontraron diferencias significativas ( $p>0.05$ ) entre el tratamiento control y CaP para NEFA, glucosa, colesterol, triglicéridos, calcio y magnesio, sin embargo, el tratamiento PG difirió significativamente ( $p<0.05$ ) de estos. Para BHB, fósforo y cortisol no se presentaron diferencias significativas ( $p>0.05$ ) para los tratamientos PG y control. T3 fue diferente significativamente ( $p<0.05$ ) para todos los tratamientos. El hemograma se comportó dentro de los rangos normales. La producción de leche aumentó en un 13.4% para los animales suplementados con PG. Los resultados de este estudio permiten concluir que la suplementación con propilenglicol tiene un efecto positivo sobre el control del balance energético negativo en vacas lecheras.

**Palabras clave:** Bovinos, periodo de transición, propionato, suplementación

# Abstract

The objective of this research was to evaluate the effect of two high-density energy supplements on the negative energy balance during the transition period of dairy cows, 21 cows for this purpose two to three births were used, with average yields of 15 liters / day and they were close to delivery in 15 days, which were divided into three groups randomly. Cows treatment 1 (n = 7) received 150g of propylene glycol orally every other day for 90 days. Cows treatment 2 (n = 7) was given by oral 200g calcium propionate every other day. Treatment control (n = 7) received no supplementation. Blood samples were obtained from the first day of treatment until 75 days after delivery for all treatments in which serum NEFA, BHB, Glucose, Cholesterol, Triglycerides, Calcium, Magnesium, Phosphorus, Cortisol was determined and T3. The results were analyzed under a mixed design repeated measures over time using the InfoStat (2008) software. No significant differences ( $p > 0.05$ ) between control and CaP treatment for NEFA, glucose, cholesterol, triglycerides, calcium and magnesium were found, however, PG treatment differed significantly ( $p < 0.05$ ) of these. To BHB, phosphorus and cortisol were no significant differences ( $p > 0.05$ ) for PG and control treatments were presented. T3 was significantly different ( $p < 0.05$ ) for all treatments. The hemogram were within normal ranges. Milk production increased by 13.4% for the animals supplemented with PG. The results of this study allow us to conclude that supplementation with propylene glycol has a positive effect on the control of negative energy balance in dairy cows.

**Keywords:** Bovine, supplementation, propionate, transition period.

# Contenido

	Pág.
<b>Resumen .....</b>	<b>VII</b>
<b>Lista de graficas .....</b>	<b>XI</b>
<b>Lista de tablas .....</b>	<b>XIII</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>1. Revisión de literatura .....</b>	<b>3</b>
1.1 Ganadería de leche en el Valle del Cauca .....	3
1.2 Periodo de transición .....	4
1.3 Balance energético negativo.....	6
1.4 Depresión del consumo durante el periodo de transición.....	8
1.5 Requerimientos de energía de la vaca en producción.....	10
1.6 Dinámica del rumen durante el periodo de transición .....	11
1.7 Adaptaciones homeorreticas.....	11
1.8 Enfermedades metabólicas asociadas al periodo de transición .....	13
1.8.1 Cetosis.....	14
1.9 Estrategias nutricionales.....	16
<b>2. Materiales y métodos .....</b>	<b>19</b>
<b>3. Resultados y discusión .....</b>	<b>25</b>
3.1 NEFA (Non Esterified Fatty Acids - Ácidos Grasos no esterificados) .....	25
3.2 BHB (beta-hidroxi-butirato) .....	28
3.3 Glucosa .....	29
3.4 Colesterol .....	31
3.5 Triglicéridos .....	33
3.6 Calcio .....	34
3.7 Magnesio .....	36
3.8 Fósforo .....	37
3.9 Cortisol .....	39
3.10 Triyodotironina (T3) .....	41
3.11 Hematocrito .....	42
3.12 Neutrófilos .....	43

3.13	Linfocitos, Monocitos, Basófilos y Eosinófilos .....	44
3.14	Peso corporal .....	46
3.15	Relación costo-beneficio .....	46
3.16	Producción de leche .....	48
3.17	Actividad reproductiva .....	49
<b>4.</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>51</b>
4.1	Conclusiones.....	51
4.2	Recomendaciones.....	51
<b>A.</b>	<b>Anexo: Valores de metabolitos séricos por periodos para los tres grupos suplementados (mmol/L).....</b>	<b>53</b>
<b>B.</b>	<b>Anexo: Análisis bromatológico de alimentos .....</b>	<b>59</b>
	<b>Bibliografía .....</b>	<b>61</b>

## Lista de graficas

	<b>Pág.</b>
Grafica 1-1 Periodo de transición de la vaca lechera (Jaurena, 2003).....	4
Grafica 1-2 Relación entre consumo de materia seca MS y concentración de ácidos grasos no esterificados NEFA (Grummer, Mashek, & Hayirli, 2004).....	6
Grafica 1-3 Balance energético estimado para vacas en periodo de transición (Grummer, Mashek, & Hayirli, 2004) .....	7
Grafica 1-4 Relación del consumo de materia seca con el periodo de transición (Grummer, Mashek, & Hayirli, 2004) .....	9
Grafica 3-1 Concentraciones séricas de NEFA en vacas lecheras sometidas a tres tratamientos durante el periodo de transición. ....	26
Grafica 3-2 Concentraciones séricas de BHB en vacas lecheras sometidas a tres tratamientos durante el periodo de transición. ....	28
Grafica 3-3 Concentraciones séricas de Glucosa en vacas lecheras sometidas a tres tratamientos durante el periodo de transición. ....	30
Grafica 3-4 Concentraciones séricas de Colesterol en vacas lecheras sometidas a tres tratamientos durante el periodo de transición. ....	32
Grafica 3-5 Concentraciones séricas de Triglicéridos en vacas lecheras sometidas a tres tratamientos durante el periodo de transición. ....	34
Grafica 3-6 Concentraciones séricas de calcio en vacas lecheras sometidas a tres tratamientos durante el periodo de transición. ....	35
Grafica 3-7 Concentraciones séricas de magnesio en vacas lecheras sometidas a tres tratamientos durante el periodo de transición. ....	37
Grafica 3-8 Concentraciones séricas de fósforo inorgánico en vacas lecheras sometidas a tres tratamientos durante el periodo de transición. ....	39
Grafica 3-9 Concentraciones séricas de cortisol en vacas lecheras sometidas a tres tratamientos durante el periodo de transición. ....	40

Grafica 3-10 Concentraciones séricas de T3 en vacas lecheras sometidas a tres tratamientos durante el periodo de transición.....	42
Grafica 3-11 Concentraciones de eritrocitos en sangre en vacas lecheras sometidas a tres tratamientos durante el periodo de transición.....	43
Grafica 3-12 Porcentaje de neutrófilos en sangre en vacas lecheras sometidas a tres tratamientos durante el periodo de transición.....	43
Grafica 3-13 Porcentaje de linfocitos en sangre en vacas lecheras sometidas a tres tratamientos durante el periodo de transición.....	44
Grafica 3-14 Porcentaje de monocitos en sangre en vacas lecheras sometidas a tres tratamientos durante el periodo de transición.....	45
Grafica 3-15 Porcentaje de basófilos en sangre en vacas lecheras sometidas a tres tratamientos durante el periodo de transición.....	45
Grafica 3-16 Porcentaje de eosinófilos en sangre en vacas lecheras sometidas a tres tratamientos durante el periodo de transición.....	45
Grafica 3-17 Peso corporal en kilogramos de vacas lecheras sometidas a tres tratamientos durante el periodo de transición.....	46
Grafica 3-18 Litros de leche producidos por vacas sometidas a tres tratamientos durante el periodo de transición.....	49

## Lista de tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 2-1 Composición físico química del Propilenglicol (Química Pura).....	20
Tabla 2-2 Composición físico química del Propionato de Calcio (Química Pura) .....	20
Tabla 2-3 Análisis bromatológico de hojas de Pasto estrella (Cynodon plectostachium) (Laboratorio Nutrición Animal Universidad Nacional de Colombia sede Palmira) .....	21
Tabla 2-4 Análisis bromatológico de concentrado comercial (Laboratorio Nutrición Animal Universidad Nacional de Colombia sede Palmira) .....	22
Tabla 2-5 Pruebas enzimáticas colorimétricas para reflectometría óptica utilizadas para el análisis de metabolitos séricos. ....	23
Tabla 3-1 Medias estadísticas de los tratamientos de estudio para niveles séricos de NEFA (mmol/L).....	25
Tabla 3-2 Medias estadísticas de los tratamientos de estudio para niveles séricos de BHB (mmol/L).....	28
Tabla 3-3 Medias estadísticas de los tratamientos de estudio para niveles séricos de Glucosa (mmol/L). ....	30
Tabla 3-4 Medias estadísticas de los tratamientos de estudio para niveles séricos de colesterol (mmol/L).....	32
Tabla 3-5 Medias estadísticas de los tratamientos de estudio para niveles séricos de triglicéridos (mmol/L). ....	33
Tabla 3-6 Medias estadísticas de los tratamientos de estudio para niveles séricos de calcio (mmol/L).....	35
Tabla 3-7 Medias estadísticas de los tratamientos de estudio para niveles séricos de magnesio (mmol/L).....	36
Tabla 3-8 Medias estadísticas de los tratamientos de estudio para niveles séricos de fósforo inorgánico (mmol/L).....	38
Tabla 3-9 Medias estadísticas de los tratamientos de estudio para niveles séricos de cortisol (nmol/L).....	40
Tabla 3-10 Medias estadísticas de los tratamientos de estudio para niveles séricos de triyodotironina (T3) (nmol/L). ....	41
Tabla 3-11 Costo total de suplementación por animal durante todo el tratamiento. ....	47
Tabla 3-12 Medias estadísticas de los tratamientos de estudio para producción promedio de leche por animal (Litros/vaca).....	48



# Introducción

El balance energético negativo (BEN) es universal en las vacas lecheras durante las primeras semanas de lactancia, resultando que la mayoría de ellas lo soportan sin desarrollar enfermedades peripartales durante el intento de adaptar su metabolismo al BEN (Cardoso, 2008), sin embargo, las vacas lecheras (*Bos taurus*) de alta producción, desde el periodo preparto hasta la octava semana posparto presentan balance energético negativo (BEN) no compensado debido a la disminución del consumo de materia seca en el preparto y al incremento en la demanda energética para la producción de leche en el posparto, que conlleva a una movilización lipídica para suplir sus requerimientos energéticos (Cardoso, 2008).

El termino transición según (Correa, 2001), hace referencia al movimiento, paso o cambio de una posición o estado por lo cual las vacas estarían enfrentadas a diferentes periodos de transición durante toda su vida. Durante la vida de la vaca lechera es necesario que pase por diferentes procesos, nacimiento, destete y el parto (Stalling, 1999), pero de todos estos procesos, es el periodo de transición asociado al parto, el más importante por todas las implicaciones que tiene sobre la presentación de diversas disfunciones metabólicas, productivas, reproductivas y sanitarias que pueden poner en riesgo la vida misma del animal (Correa, 2004).

En el posparto y el inicio de la lactancia, se presenta un acelerado incremento en los requerimientos nutricionales (Correa, 2001), causando un balance energético negativo, que puede prolongarse durante varias semanas. En condiciones del trópico, la nutrición de los animales está basada en pasturas de baja calidad nutricional que limitan el consumo de materia seca, al igual que la presión por estrés calórico, sumado a esto, las condiciones de manejo y la gran variabilidad genética, provocan que la condición corporal de las vacas sea de por si baja, inclusive antes del parto (Dominguez, y otros, 2007); como resultado, los animales en periodo de transición presentan procesos de movilización de tejidos grasos para cubrir sus requerimientos energéticos, esta movilización presenta diferentes grados de intensidad y afecta la homeostasis del animal.

Los precursores de energía tales como propilenglicol y propionato de calcio, suministrados en soluciones orales durante el periodo de transición, reducen la concentración de ácidos grasos no esterificados y cuerpos cetónicos, y aumentan la insulina y la glucosa en el plasma sanguíneo (Bell, 1995), lo que le permitirá al animal mostrar el comportamiento productivo y reproductivo de acuerdo a su potencial genético sin ser afectado por el desbalance nutricional.

El estudio de respuestas fisiológicas a dicha suplementación, no solo muestra diferentes alternativas en la nutrición del ganado lechero, sino que, puede ayudar a realizar un adecuado balance energético de la dieta del hato (Contreras, 2011).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la respuesta a dos suplementos energéticos derivados del propionato, sobre el balance energético negativo en vacas lecheras en condiciones de trópico, durante el período de transición.

# 1.Revisión de literatura

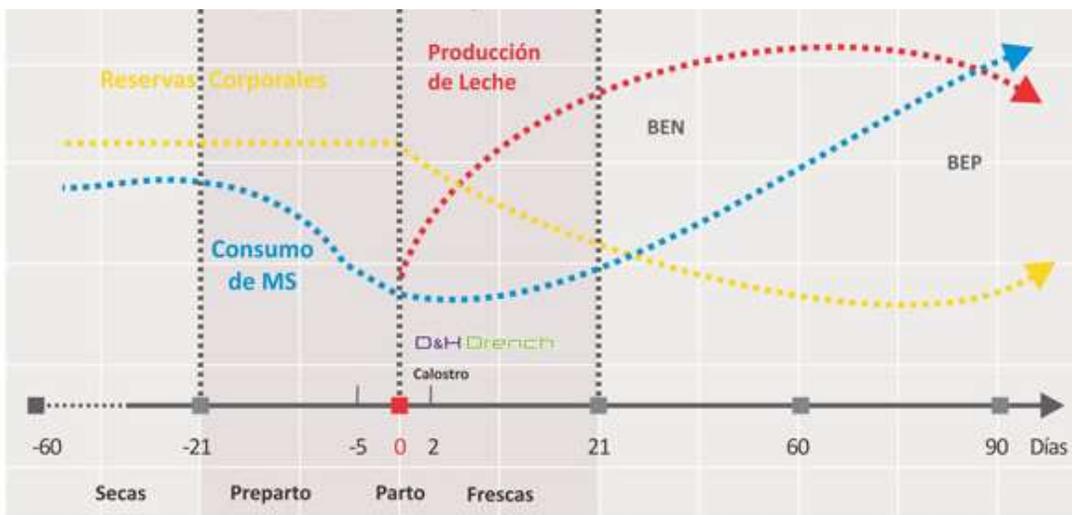
## 1.1 Ganadería de leche en el Valle del Cauca

La ganadería bovina en Colombia es una actividad de gran impacto para la economía nacional ya que conserva una partición cercana al 5% en el Producto Interno Bruto (PIB) total nacional. De los 51 millones de hectáreas ocupadas por el sector agropecuario, 29 millones corresponden a pastos para la utilización en ganadería, la cual genera 1.400.000 empleos directos distribuidos en 849.000 explotaciones, lo que equivale a decir que 5 millones de colombianos derivan su sustento de esta actividad. Colombia es el cuarto productor de leche de América Latina; sin embargo, la productividad láctea es restringida por problemas relacionados con nutrición, sanidad y bienestar animal (FAO, 2005). Esta es una actividad generalizada y desarrollada en casi todo el país y es considerada como un renglón socioeconómico de gran importancia para el desarrollo del sector rural, sin embargo, ha sido cuestionada fuertemente por su impacto ambiental y la productividad (Mahecha, 2002).

El Valle del Cauca, es una región privilegiada para la ganadería, por las ventajas que ofrece su ubicación geográfica, sin embargo, el uso de la tierra en esta región del país está destinado a otras actividades como el cultivo de caña y frutales. En la región las actividades ganaderas predominantes son el doble propósito, la cría y ceba que concentran más del 90% de dicha actividad. En el caso de las lecherías especializadas son sistemas escasos en la región, a pesar de esta situación, en los últimos años se ha generado un crecimiento sostenido hacia la producción de leche, sin embargo, ha sido difícil el desarrollo de los sistemas porque, la actividad se ha caracterizado por un manejo empírico en el campo de la tecnología, el manejo ambiental, la administración empresarial, la evaluación económica y el encadenamiento con otros sectores productivos y con los consumidores. Esto no ha permitido impulsar los cambios que requiere el sistema ganadero para llegar a ser competitivo (Mahecha, 2002).

## 1.2 Periodo de transición

El periodo de transición, es considerado como aquella etapa que transcurre desde tres semanas antes del parto hasta tres o cuatro semanas después del parto (Jaurena, 2003) donde se produce modificaciones dramáticas en el estado endocrino de las vacas que las preparan para el parto y la lactogénesis.



Grafica 1-1 Periodo de transición de la vaca lechera (Jaurena, 2003)

Durante este periodo el animal debe adaptarse a nuevas condiciones metabólicas que le exigen el paso de un estado fisiológico de preñez a parto y lactancia (Correa, 2001).

Este periodo se destaca por cambios notorios en el sistema endocrino y el estado fisiológico del animal que son más dramáticos que en otra etapa de la lactancia o la gestación, dentro de ellos, la reducción en el consumo de materia seca en el momento de mayor demanda de nutrientes para el desarrollo del embrión y la lactogénesis, este proceso es favorecido entre otros por un crecimiento acelerado del feto al finalizar la gestación, ocupando un gran espacio abdominal y reduciendo el espacio del rumen y por la alta carga estrogénica circulante (Fenwick, 2008).

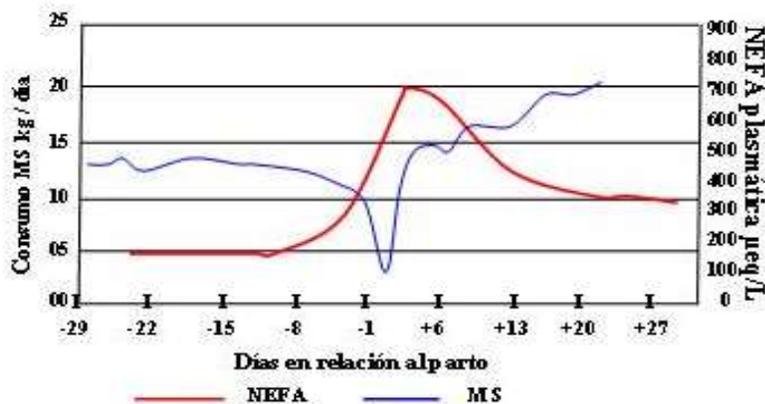
El inicio de la producción de leche que ocurre en el periodo de transición, tiene un efecto directo sobre la secreción creciente de calcio en un momento en que la entrada de calcio

no puede ser mayor en el corto plazo por la disminución en el consumo de materia seca creando un desequilibrio energético, ya que la entrada de energía al sistema es menor a la demanda energética del animal por la disminución del consumo de alimento (Chapinal, 2011).

Las vacas lecheras en transición a menudo presentan también problemas del sistema inmune, quedando propensas a cambios en el medio ambiente que pueden generar situaciones de estrés durante los cambios rutinarios que se realizan en la producción al pasar de periodos secos a periodos de lactancia (Meikle, y otros, 2013). Esta inmunodeficiencia que se presenta a menudo durante el periodo de transición se puede observar en la disminución marcada de las globulinas que se asocia al aumento de patologías infecciosas (reproductivas, mamarias, pódales, etc.) (Blowey, 2005).

Otro de los cambios que contribuye a la reducción del consumo de materia seca se produce al momento del parto donde se presenta un aumento en la concentración de somatotropina hasta el inicio de la lactancia; la progesterona que durante el período de gestación es alta, cae rápidamente para el parto, presentándose una elevación transitoria de estrógenos y glucocorticoides en el periparto (Block, 2010), la insulina en plasma disminuye continuamente mientras se incrementa la concentración de la hormona de crecimiento, desacoplando el eje que presentan entre ellas en el hígado con el fin de favorecer la lipólisis y la gluconeogénesis cuando la vaca se encuentra en balance energético negativo (BEN) (Fenwick, 2008).

La movilización de condición corporal es otro de los procesos que ocurren durante el periodo de transición, esta, se acompaña de una elevación de los niveles de ácidos grasos no esterificados (NEFA) que se encuentran asociados a un aumento de las enzimas reguladoras de la beta-oxidación. A este proceso se suma un aumento en los niveles de beta-hidroxibutirato (BHB) que se ve reflejado en un déficit energético (Chapinal, 2011) (Grafica 1-2).



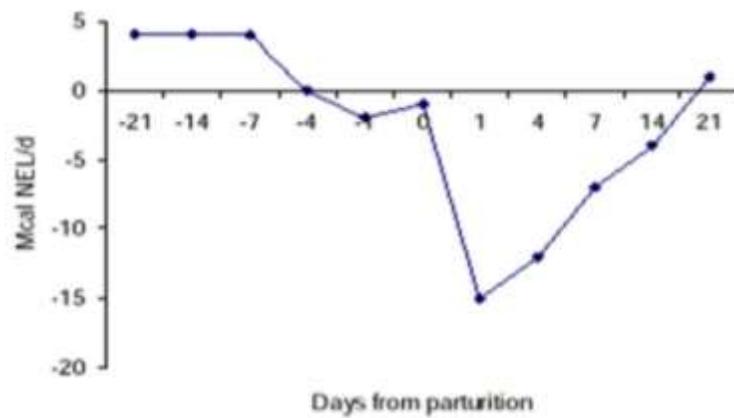
**Gráfica 1-2 Relación entre consumo de materia seca MS y concentración de ácidos grasos no esterificados NEFA (Grummer, y otros, 2004)**

De manera general la pérdida de condición corporal es más notoria en vacas primíparas que multíparas, acompañada de una disminución de las concentraciones de leptina ya que esta es sintetizada por los adipocitos y varía con el porcentaje de depósitos grasos, esta disminución podría ser estratégica para la estimulación del consumo de materia seca durante el posparto y para disminuir la tasa metabólica, ya que la leptina, inhibe el consumo y aumenta el uso de nutrientes de forma periférica (Adrien, y otros, 2012).

Al mismo tiempo durante el periodo de transición se presentan una serie de cambios para promover adaptaciones del sistema digestivo y metabólico para los nuevos acontecimientos productivos. Si estos cambios no ocurren satisfactoriamente de pueden generar alteraciones productivas y patologías como cetosis, desplazamiento del abomaso, reducción de la producción y problemas reproductivos (Calsamiglia, 2005).

### 1.3 Balance energético negativo

El balance energético negativo (BEN) ha sido definido como el déficit de energía entre el consumo de energía por parte del animal y la energía requerida para el mantenimiento y la preñez (en la vaca gestante) y el mantenimiento y la lactación (en la vaca lactante) (McNamara, 2003). En relación con el periodo preparto, el balance energético negativo empieza pocos días antes del parto, puede alcanzar su nivel mínimo a las 2 semanas pos parto y se extiende hasta 10-12 semanas (Butler, 2003) (Gráfica 1-3).



**Gráfica 1-3 Balance energético estimado para vacas en periodo de transición (Grummer, y otros, 2004)**

Los mayores cambios ocurren durante un periodo comprendido entre las tres semanas antes y tres semanas después del parto, estos cambios son a nivel metabólico, nutricional y endocrino; a este periodo se le denomina periodo de transición (Correa, 2004).

Las vacas durante el primer parto presentan una dificultad mayor para recuperarse del balance energético negativo, afección que se puede observar a través de perfiles metabólicos y endocrinos más desbalanceados e índices reproductivos más bajos que las vacas multíparas (Adrien, y otros, 2012), este proceso sumado al estrés de la primera lactancia y a la disminución en el consumo de materia seca agravan permanentemente los cuadros de BEN (Chilibroste, y otros, 2012).

Durante la lactancia y en los días anteriores se incrementan los requerimientos energéticos del animal hasta en un 23% para el último mes de gestación, paralelo a este suceso, el consumo de alimento se disminuye hasta en un 30%, lo cual ocasiona un desbalance entre los nutrientes requeridos y consumidos llevando a la vaca a balance energético negativo, el cual comienza desde un mes antes del parto y puede llegar hasta la séptima semana después del parto (Cardoso, 2008). Sin embargo en bovinos existe una capacidad de compensación de déficit energético a través de la movilización de grasa corporal (Goff, 1997).

Con el adelanto en las investigaciones, se han generado algunas herramientas que pueden funcionar como alternativas importantes para la prevención de dicha afección

metabólica; una de ellas es el manejo de la alimentación durante el periodo de transición, la practica tradicional consiste en cambiar las vacas de raciones altas en fibra y bajo contenido de energía durante el periodo seco y luego suministrar dietas con energía moderada durante el parto y el parto. Dicha densidad de energía debe ser elevada paulatinamente para incentivar el crecimiento de la papila ruminal, aumentar la absorción de ácidos grasos volátiles y finalmente aumentar la población microbiana del rumen que permitan una mejor fermentación de dietas con densidades energéticas altas (Pushpakumara, 2003).

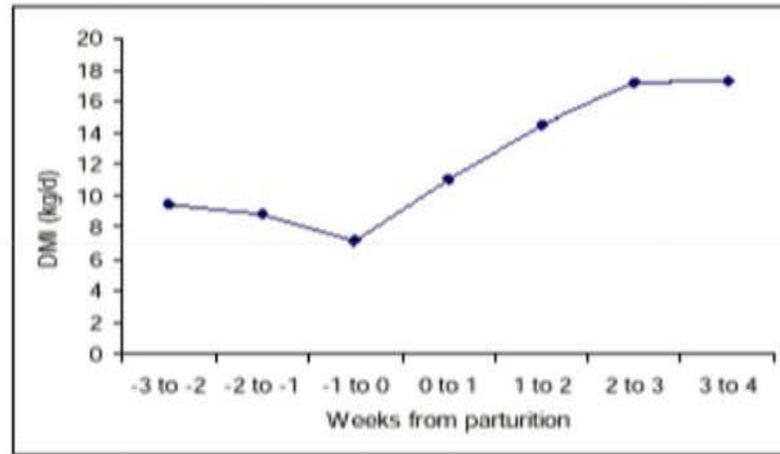
Es así como el manejo nutricional durante el periodo de transición puede tener implicaciones directas sobre el balance energético negativo, obteniendo una mejor respuesta a la insulina, y por ende, bajas tasas de trastornos metabólicos (Overton & Waldron, 2004).

## **1.4 Depresión del consumo durante el periodo de transición**

Durante el periodo de transición la disminución del consumo de materia seca (CMS) se le ha atribuido inicialmente al acelerado crecimiento fetal durante la etapa final de la gestación ya que reduce el espacio ruminal, sin embargo existen factores diferentes que ocurren durante esta etapa, como cambios metabólicos y hormonales propios del estado (Fenwick, 2008).

Durante el periodo seco se estima un consumo de materia seca aproximado de 8 y 17 Kg de MS/vaca/día, para vacas Holstein que se encuentran entre los 450 y 550 Kg de peso vivo y que presentan diferencias significativas en cuanto estado corporal (Grafica 1-4), densidad energética de la dieta con que son alimentadas, condiciones ambientales y de comportamiento social según el agrupamiento (Hayirli & Grummer, 2004). Sin embargo, este consumo voluntario de materia seca puede disminuir desde los 5 hasta los 7 días antes del parto en un 30% con una recuperación a partir de los 8 a 12 días después del parto acompañada de la curva de producción de leche, aunque las pérdidas energéticas no son compensadas con la ingesta de nutrientes por la producción de leche hasta los 30

a 60 días después del parto en vacas adultas y un tiempo aún mayor en vacas de primer parto (Douglas, y otros, 2006).



**Grafica 1-4 Relación del consumo de materia seca con el periodo de transición (Grummer, y otros, 2004)**

Dentro de los cambios hormonales que se pueden encontrar durante este periodo, está el incremento de la  $\beta$ -endorfina desde los 30 días antes y hasta las 72 horas después del parto así como la encefalina, estas, son antagonistas de los receptores opioides y disminuyen considerablemente la motilidad del tracto gastrointestinal, por lo que han sido señalados como posibles causantes de la disminución del consumo de materia seca que ocurre durante el periodo preparto (Douglas, y otros, 2006).

Otra de las hormonas que influye en la depresión de consumo de materia seca, es la hormona peptídica secretada por el tejido adiposo llamada leptina, que tiene como principal función regular el consumo de alimento, el gasto energético, e interviene en funciones reproductivas e inmunes, esta hormona actúa sobre el hipotálamo (núcleo arqueado), incrementa la termogénesis y reduce la ingestión de alimentos (Chebel & Santos, 2011).

Después del parto, el animal aumenta lentamente la ingesta de alimento y con esta la remoción de lípidos que han quedado luego de movilizar tejido adiposo durante el preparto generando un incremento de los ácidos grasos libres que son captados por el hígado y sometidos a una oxidación mitocondrial que incrementa el potencial de membrana, lo cual resulta en la disminución en los nervios vágales eferentes de las

señales de hambre que van al hipotálamo poniendo al animal en un estado postprandial que reduce el consumo de alimento (Fenwick, 2008).

## 1.5 Requerimientos de energía de la vaca en producción

La energía es un nutriente necesario para que los seres vivos y en este caso las vacas lecheras, suplan sus necesidades vitales de mantenimiento y producción, si no se tiene la energía suficiente para cumplir con estas necesidades, se pueden generar trastornos metabólicos, disminución en el rendimiento productivo y reproductivo, pérdidas de condición corporal y en casos extremos la muerte (Martens, y otros, 2011).

Durante el periodo de transición y específicamente al finalizar la gestación, los requerimientos energéticos del animal aumentan por el desarrollo de la masa placentofetal que requiere aproximadamente 0.82 Mcal de energía metabolizable (EM), 117 gramos de proteína, 10.3 gramos de calcio, 5.5 gramos de fósforo y 0.2 gramos de magnesio, durante este periodo, la densidad energética de la dieta debería estar alrededor de 1.6 Mcal de energía metabolizable por kilogramos de materia seca, del 14 al 16% de proteína cruda, un aporte aproximado de hidratos de carbono no estructurales de 20 a 25% de la materia seca de la dieta y fibra detergente neutra (FND) no superior al 0.92% del peso vivo de la vaca adulta (Moore, y otros, 2005). En el momento del parto y el inicio de la producción de calostro, los requerimientos de nutrientes tienen un incremento acelerado, así, la densidad energética de la dieta debería estar en 2.4 a 2.8 Mcal de energía metabolizable por kilogramo de materia seca, del 16 al 18% de proteína cruda de alto valor biológico, un aporte aproximado de hidratos de carbono no estructurales de 35 a 40% de materia seca y un aporte de fibra detergente neutra (FDN) de 0.87 en vacas adultas (Moore, y otros, 2005).

Estos niveles de energía son suficientes para vacas adultas, sin embargo, no se recomienda elevar los niveles ya que se podría incrementar el consumo de carbohidratos rápidamente fermentables que afectarían directamente la fermentación ruminal y el consumo de materia seca (Roche, y otros, 2010), en el mismo sentido, el aumento en el consumo de carbohidratos no fermentables permitirá la adaptación de la flora ruminal a dietas altas en concentrado que se emplean habitualmente durante el posparto (Roche, y otros, 2010).

## 1.6 Dinámica del rumen durante el periodo de transición

Durante el inicio del periodo seco ocurren varios cambios en el rumen que son inducidos por la nutrición. Pasar de raciones altas en concentrados a raciones altas en fibra, cambian el epitelio y la microflora del rumen. Los concentrados favorecen la producción de bacterias amilolíticas y las síntesis de los ácidos propiónico y láctico, mientras que los forrajes favorecen la flora celulítica y la producción de gases de efecto invernadero como en metano (Clauss, y otros, 2010).

Como consecuencia de estos cambios, se disminuye la producción de microorganismos ruminales capaces de convertir el lactato en acetato, propionato y ácidos grasos de cadena larga, además se reduce el largo de las papilas ruminales con una pérdida hasta del 50% de la absorción de ácidos grasos volátiles (AGV) durante las primeras 7 semanas del periodo seco (Dijkstra, y otros, 2011).

Durante el parto, la densidad energética de la dieta se incrementa aceleradamente, aplicando fuertemente la relación FDN/Carbohidratos no estructurales (HCNE), con este incremento existe la posibilidad de que se produzca una acidosis ruminal ya que la producción de bacterias amilolíticas (productoras de lactato) es mucho más rápida que la producción de bacterias que pueden utilizarlos (Polakova, y otros, 2010) en este sentido, el ácido láctico tiene una mayor capacidad para reducir el pH del rumen que los AGV ruminales, y favorecido por su pKa es absorbido más lentamente que los AGV viéndose agravado por la reducción relativa de la superficie de absorción (Dijkstra, y otros, 2011).

## 1.7 Adaptaciones homeorréticas

Las vacas lecheras sufren un gran incremento de las necesidades nutricionales al final de la gestación que se encuentra relacionado con el desarrollo fetal y el inicio del periodo de lactancia. Este incremento en la demanda de nutrientes no es cubierto en su totalidad con la ingesta de alimentos y se genera un déficit energético que la vaca trata de compensar movilizándolo sus reservas corporales como, tejido graso y muscular, por esta razón, la vaca durante el periodo de transición no consigue mantener un equilibrio entre la energía ingerida con la dieta y la energía consumida en sus funciones vitales, a lo que se denomina balance energético negativo. Para compensar la falta de nutrientes y aliviar el Balance Energético Negativo, la vaca experimenta una serie de cambios

homeorréticos que le permiten mantener la homeostasis y por tanto hacer el déficit energético compatible con la vida (Bell, 1995). Estos cambios homeorréticos comprenden: un aumento de la neoglucogénesis hepática desde otros nutrientes orgánicos (propionato y aminoácidos), una disminución en la utilización de la glucosa por los tejidos periféricos (resistencia a la insulina) y una mayor movilización de ácidos grasos desde el tejido adiposo. El único objetivo es proporcionar suficiente glucosa para el feto (durante la gestación) y para la síntesis de la lactosa destinada a la producción de leche. Estos cambios son posibles gracias, tanto a modificaciones en los niveles orgánicos de las principales hormonas metabólicas, como a la variación en la sensibilidad de los diferentes tejidos de las mismas (Herdt, 2000).

Los requerimientos de glucosa aumentan en más de un 30% durante el final de la gestación y continúan aumentando tras el parto debido al establecimiento de la lactancia. Debido a que los rumiantes con la dieta ingieren pequeñas cantidades de glucosa, 2,7kg de esta glucosa deben ser sintetizados a través de la neoglucogénesis. Para poder hacer frente a estas elevadas necesidades de glucosa la vaca, al final de la gestación, sufre una serie de cambios hormonales y metabólicos, perfectamente orquestados, que afectan tanto a los niveles de estas hormonas en sangre como a la sensibilidad de los tejidos a las mismas. Estos cambios los conocemos como cambios homeorréticos y tienen un fuerte impacto sobre el estado nutricional, metabólico e inmune de la vaca (Meikle, y otros, 2013).

Al final de la gestación se producen dos hechos claves que pueden precipitar el desencadenamiento de estos cambios homeorréticos. De una parte se produce una disminución del consumo de materia seca y de otra, empiezan los cambios generados por las hormonas reproductivas que han de preparar a la vaca para el parto. La concentración de Progesterona (P4) en sangre, empieza a disminuir gradualmente al final de la gestación para caer de forma brusca, inmediatamente antes del parto, con lo que el efecto inhibitorio de la P4 sobre la glándula mamaria desaparece. Simultáneamente se incrementan los niveles plasmáticos de estrógenos y corticoides. Independientemente de quién sea el primero en desencadenar los cambios homeorréticos, lo cierto es que estos cambios se dirigen a modificar el papel regulador central de la insulina sobre el metabolismo de la glucosa (Fenwick, 2008).

La insulina, es una hormona de función anabolizante que está encargada de ahorrar y almacenar nutrientes, de esta manera, la insulina favorece la lipogénesis y detiene la lipólisis, favorece el consumo y la acumulación de glucosa en el tejido muscular y detiene la gluconeogénesis y glucogenólisis hepática. Todas estas acciones de la insulina son contrarias al aumento de la disponibilidad de cantidades crecientes de glucosa destinadas a finalizar la gestación y afrontar el inicio de la lactación. Por tanto la vaca lechera, durante el periodo de transición, necesita disminuir el consumo de glucosa de otros tejidos que no sean el uterino y mamario y disponer de las reservas grasas para ser utilizadas como combustibles en sustitución de la glucosa. Igualmente debe producir grandes cantidades de glucosa para satisfacer la demanda del útero gestante y posteriormente de la lactación (Wathes, y otros, 2007). Para conseguir estos cambios de manera coordinada, se debe debilitar el papel de la insulina disminuyendo los niveles plasmáticos de la misma y disminuyendo la sensibilidad de los tejidos a esta hormona, este fenómeno se conoce como resistencia insulínica y es la adaptación homeorrética por excelencia de la vaca durante el paso de la gestación a la lactancia. Este efecto reducido de la acción de la insulina, en tejido muscular, favorece la proteólisis proporcionando aminoácidos (aa) para la neoglucogénesis hepática. En hígado la depresión de la acción de la insulina favorece la glucogenólisis y la gluconeogénesis. Estos cambios favorecen el ahorro en el consumo de glucosa en los tejidos periféricos y facilitan la producción de glucosa para ser consumida en aquellos órganos, cuya captación de glucosa no está regulada por la insulina, fundamentalmente, útero y glándula mamaria (Kristensen & Raun, 2007). De ahí la importancia de las adaptaciones homeorréticas durante el periodo de transición que facilitan la adaptación fisiológica de la vaca durante esta etapa.

## **1.8 Enfermedades metabólicas asociadas al periodo de transición**

Las enfermedades que presentan las vacas durante la producción, son una manifestación de la incapacidad del animal para hacer frente a las demandas metabólicas que requieren las altas producciones de leche y siguen causando pérdidas económicas y detrimento del bienestar animal (Chapinal, 2011).

Durante las últimas décadas, las vacas lecheras, han sido sometidas a la selección genética de manera intensa, se tuvo como principal objetivo la alta producción de leche que trajo como consecuencia demandas de nutrientes mayores que pueden generar pérdida de condición corporal y agregado a esto mala salud y problemas reproductivos (Ospina, y otros, 2010).

Desde el periodo preparto y hasta la semana ocho posparto la vacas lecheras presentan balance energético negativo debido a que el consumo de materia seca disminuye y la demanda energética el crecimiento fetal y la producción de leche aumenta, este desbalance energético conlleva una movilización lipídica que permite suplir sus requerimientos energéticos (Herd, 2000).

Después de ocurrido el parto los animales entran en un estado de estrés metabólico ocasionado por los diversos cambios que se producen en esta etapa, presentando alteraciones en los perfiles de metabolitos y hormonas en sangre, los ácidos grasos no esterificados (AGNE) y el beta-hidroxibutirato (BHB) aumentan su concentración, indicando una alta movilización de lípidos para suplir el organismo de energía, esta movilización lipídica incrementa la concentración plasmática de los ácidos grasos no esterificados (NEFA), los cuales son transportados al hígado para su esterificación o producción de triacilglicerol o triglicéridos, a su vez la producción de insulina y de IGF-I se disminuye (Wathes, y otros, 2009).

En el hígado se coordinan las modificaciones bioquímicas a través de la regulación de ácidos grasos, gluconeogénesis y la síntesis de triacilglicerol, sin embargo, cuando su producción excede la capacidad del organismo para utilizarlos, sus concentraciones séricas se incrementan produciendo alteraciones metabólicas comprometiendo la producción de glucosa y la respuesta inmune del animal (Ospina, y otros, 2010).

### **1.8.1 Cetosis**

La cetosis es una enfermedad metabólica que afecta principalmente a vacas lecheras de alta producción, entre la 2da y 8va semana posparto. Se caracteriza por disminución en la glucemia y aumento de la concentración de los cuerpos cetónicos en los tejidos y fluidos orgánicos. La cetosis, es la enfermedad metabólica más frecuente de las vacas

lecheras generando un impacto negativo debido al costo de tratamiento, la disminución en la producción de leche y la mayor incidencia de enfermedades y problemas reproductivos (Mulligan, y otros, 2008).

Después del parto se presenta una acumulación de cuerpos cetónicos como respuesta a la alta demanda de energía, sin embargo, cuando la acumulación es excesiva, se pueden generar problemas metabólicos como muestra de la baja adaptación al periodo de producción de leche (Duffield, y otros, 2009)

La movilización de ácidos grasos del tejido adiposo para apoyar las demandas nutricionales de la lactancia, es un fenómeno biológico natural que se produce en la mayoría de los mamíferos lactantes apoyado por el sistema endocrino. Sin embargo, el aumento en la sangre de la vaca lechera de ácidos grasos no esterificados (NEFA) da como resultado la acumulación de triglicéridos en los hepatocitos y un deterioro notable de la función hepática (McArt, y otros, 2012).

Este proceso de infiltración de grasa en el hígado es especialmente importante para las vacas lecheras, ya que aproximadamente el 85% de la glucosa usada para la actividad metabólica se deriva del hígado, quien también son fundamentales para la regulación del consumo de alimento, los procesos reproductivos e inmunes (Contreras, 2011).

Se ha demostrado que el uso de carbohidratos no fibrosos o contenido de grasa para conformar dietas de alta densidad energética que son suministradas durante el periodo de transición no tiene efectos significativos en la acumulación de triglicéridos en el hígado (Grummer, 2008).

De los suplementos alimenticios disponibles en el mercado, se ha comprobado que el propilenglicol y la colina protegida en el rumen son útiles en la prevención del hígado graso, mientras el propilenglicol evita la lipólisis, la colina facilita la exportación de los ácidos grasos del hígado como lipoproteínas de muy baja densidad (Lien, y otros, 2010).

Los cambios que se producen en el entorno de la vaca en periodo de transición (grupos por estado fisiológico, cambios de la dieta, periodo seco etc.) pueden llegar a ser más importantes que la nutrición en el desarrollo de enfermedades como cetosis e hígado grado; una de estas estrategias que ha demostrado ser útil en la reducción del balance energético negativo y la acumulación de triglicéridos en el hígado, ha sido acortando el periodo seco ya que tiempos de periodo seco más largos pueden llegar a sobre condicionar a las vacas produciendo mayor movilización de tejido adiposo pre-parto (Kim & Suh, 2003).

Los niveles insuficientes de glucosa en sangre inducen una disminución de insulina en plasma sanguíneo y la movilización de los depósitos de triglicéridos en el hígado como ácidos grasos no esterificados (NEFA) (Borchardt, 2012). La oxidación completa de NEFA genera el metabolito acetil coenzima A que puede ser utilizado para producir energía mediante el ciclo de Krebs; sin embargo, si el ciclo de Krebs se sobrecarga de acetil CoA se desvía para producir cetonas. Estos cuerpos cetónicos que se acumulan son el beta-hidroxibutirato (BHB), el acetoacetato (AcAc) y la acetona (Ac), los cuales se encuentran en una proporción de 70, 28 y 2% respectivamente. El BHB es el cuerpo cetónico predominante en la circulación y por lo tanto es el principal indicador de estimulación del proceso de lipólisis en el organismo, o de un exceso de absorción de butirato desde el rumen por alimentación con ensilajes de baja calidad, esta concentración excesiva de cuerpos cetónicos en sangre, leche y orina son los que generan el desorden metabólico conocido como cetosis (Block, 2010).

Las investigaciones demuestran que aproximadamente el 50% de las vacas lecheras pasan por un periodo de temporal de cetosis subclínica durante la lactancia temprana, esta estrategia adaptativa mantiene los niveles de glucosa en la sangre a pesar del gran aumento de la demanda de las concentraciones de glucosa circulante, solo muestra una breve caída alrededor de la 1-2 semanas postparto (Duffield, y otros, 2009).

Por esta razón para evitar síndrome de hígado graso y cetosis, se hacen necesarias prácticas que optimicen el consumo de materia seca, el aumento de la densidad energética de las dietas sin sacrificar función ruminal y mantener la calificación de la condición corporal recomendada para el momento del parto.

## **1.9 Estrategias nutricionales**

El principal objetivo de las estrategias nutricionales para las vacas lecheras durante el periodo de transición es apoyar las adaptaciones metabólicas que enfrentan durante este periodo.

En el periodo de transición no solo se presentan cambios y adaptaciones fisiológicas, sino también, se presentan enfermedades que pueden afectar el rendimiento productivo

disminuyendo la producción de leche, la eficiencia reproductiva y aumentando los costos que implican los tratamientos veterinarios dentro de la lechería (Block, 2010).

La disminución en el consumo de materia seca que se presenta durante este periodo, genera la necesidad de concentrar los nutrientes para maximizar su eficiencia, sin embargo el uso excesivo de granos o alimentos concentrados pueden afectar la salud ruminal del animal (Chilibroste, y otros, 2012).

Por esta razón, se han generado diferentes estrategias que pueden ayudar a disminuir el balance energético negativo durante el periodo de transición, dentro de los métodos sugeridos, se encuentra la manipulación de la ingesta de energía, el NRC (NRC, 2001) sugiere que aproximadamente el 1,25 Mcal / kg de la energía neta para la lactancia debe ser alimento seco hasta los 21 días antes del parto aproximadamente.

Otra estrategia de apoyo que puede ayudar a disminuir los efectos del BEN es el uso de aditivos que controlen la movilización de tejido graso como el propilenglicol y el propionato de calcio que mejoran el aporte de energía y reducen el balance energético negativo (Lien, y otros, 2010).

Se ha comprobado que el propilenglicol reduce las concentraciones sanguíneas de ácidos grasos no esterificados (NEFA) y beta-hidroxibutirato (BHB) y aumenta la glucosa sanguínea (Grummer, y otros, 2004). El propilenglicol (PG) realiza un metabolismo similar al propionato por esta razón puede ser usado como precursor gluconeogénico exógeno, bajo esta situación, la suplementación con PG puede reducir el uso de aminoácidos que son utilizados frecuentemente en las lecherías como fuente de carbonos para la gluconeogénesis (Lien, y otros, 2010).

Los estudios demuestran que la manera como es suministrado el propilenglicol es determinante para desencadenar el efecto sobre el balance energético negativo. Christensen, y otros. (1997) compararon el uso de propilenglicol en una sola dosis administrada de manera oral, con la inclusión de la misma dosis en una mezcla “unifeed”, teniendo la dosis en la mezcla “unifeed” un efecto poco significativo comparado con la dosis única que redujo significativamente la movilización de tejido graso.

El propionato de calcio es otra de las alternativas utilizadas para la reducción de la movilización grasa y el balance energético negativo, además utilizado dentro de las 12

horas después del parto se ha demostrado que ayuda a reducir la hipocalcemia subclínica que presentan algunas vacas (Goff, 1997).

En estudios realizados se ha demostrado que el propionato de calcio aumenta la producción de leche, lo que podría atribuirse a la energía disponible que aumenta para la producción de leche como efecto del tratamiento. El propionato tiene un efecto gluconeogénico importante como ácido graso volátil en el rumen y puede disminuir los niveles de beta-hidroxibutirato (BHB) y ácidos grasos no esterificados (NEFA) durante los 2 primeros días después del parto, aunque puede atenuar los síntomas del BEN por el incremento de glucosa que produce, tiene también un efecto significativo en la reducción de la cetosis subclínica (Cagdas, y otros, 2009).

## 2. Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en un sistema lechero semi intensivo localizada en el corregimiento de Aují del municipio de Cerrito en el departamento del Valle del Cauca, con una posición geográfica 3° 37' Norte, 76° 06' Oeste y 1706 msnm, con una temperatura promedio que oscila entre los 16 y 21 °C, la precipitación anual oscila entre los 1200 mm y 1400 mm, según la clasificación de Holdridge se encuentra en una formación ecológica de Bosque Seco Tropical (BS-T), (Holdridge, 1987).

Se utilizaron 21 animales con peso promedio de 450 a 630 kg que se encontraban entre segundo y tercer parto, de componente genético multirracial, con cruzamientos orientados hacia la producción de leche, con cruces 1/2, 3/8, 5/8, Bos Indicus x Bos taurus y creciente evolución hacia Bos Indicus. Los animales fueron seleccionados por encontrarse 15 días antes del parto y distribuidos aleatoriamente en tres grupos, el grupo control con 7 animales y dos grupos de 7 animales cada uno a los cuales se les asignaron dos niveles de suplementación, el grupo dos con 150 gramos de propilenglicol denominado Tratamiento 1 y un tercer grupo con 200 gramos de propionato de calcio, denominado Tratamiento 2.

El propilenglicol y el propionato de calcio utilizados fueron productos comerciales utilizados para la industria alimenticia con la siguiente composición:

**Tabla 2-1 Composición físico química del Propilenglicol (Química Pura)**

<b>PROPIEDADES FISICO QUIMICAS</b>	
<b>ASPECTO:</b>	Líquido viscoso incoloro
<b>OLOR:</b>	Prácticamente inodoro
<b>pH (50% solución):</b>	6,5-7,5
<b>PUNTO DE FUSION:</b>	-60 °C
<b>PUNTO DE EBULLICION:</b>	188 °C
<b>SOLUBILIDAD EN AGUA:</b>	Completa
<b>VISCOSIDAD:</b>	0,581 poise

**Tabla 2-2 Composición físico química del Propionato de Calcio (Química Pura)**

<b>PROPIEDADES FISICO QUIMICAS</b>	
<b>ASPECTO:</b>	Polvo fino de color blanco
<b>OLOR:</b>	Característico
<b>pH (10% solución):</b>	7,5-10,5
<b>HUMEDAD:</b>	5%
<b>DENISDAD:</b>	0,3-0,9 g/ml
<b>SOLUBILIDAD EN AGUA:</b>	Completa
<b>PUREZA:</b>	98,00%

Los animales se encontraban bajo un sistema de pastoreo rotacional con pasto estrella (*Cynodon plectostachium*) suplementado con concentrado comercial según merito productivo (relación media 2:1) la dieta se calculó mediante el software Spartan (Spartan Dairy Ration, Evaluator/Balancer, Versión 3.0). El propilenglicol y el propionato de calcio fueron suministrados después del ordeño a los animales solo en el ordeño de la mañana, la suplementación se inició 15 días antes del parto con el fin de que las vacas tuvieran un período de acostumbramiento, ambos suplementos se ofrecieron como una dosis oral, el propilenglicol cada dos días hasta el día 75 después del parto y el propionato de calcio día de por medio hasta los 75 días después del parto, así, fueron ofrecidas 30 dosis de PG por animal y 42 dosis de CaP durante todo el experimento .

**Tabla 2-3 Análisis bromatológico de hojas de Pasto estrella (*Cynodon plectostachium*) (Laboratorio Nutrición Animal Universidad Nacional de Colombia sede Palmira)**

<b>COMPOSICION QUIMICA CYNODON PLESTOCTACHIUM (HOJAS)</b>	
<b>Nutriente</b>	<b>Valor en %</b>
<b>Materia Seca</b>	22,97
<b>Proteína</b>	17.07
<b>FDN</b>	68.91
<b>FDA</b>	38.65
<b>Carbohidratos</b>	1.69
<b>Celulosa</b>	31.54
<b>Hemicelulosa</b>	30.28
<b>Lignina</b>	7.12
<b>EE</b>	2.64
<b>Cenizas</b>	9,69

\*La muestra fue realizada con 2 repeticiones y los datos expresados en base seca. El factor de conversión de nitrógeno a proteína es de 6.25.

**Tabla 2-4 Análisis bromatológico de concentrado comercial (Laboratorio Nutrición Animal Universidad Nacional de Colombia sede Palmira)**

<b>COMPOSICION QUIMICA CONCENTRADO COMERCIAL</b>	
<b>Nutriente</b>	<b>Valor en %</b>
<b>Materia Seca</b>	92.61
<b>Proteína</b>	18.71
<b>FDN</b>	28.89
<b>FDA</b>	11.81
<b>Carbohidratos</b>	38.22
<b>Celulosa</b>	8.64
<b>Hemicelulosa</b>	17.08
<b>Lignina</b>	3.20
<b>EE</b>	6.91
<b>Cenizas</b>	7.27

\*La muestra fue realizada con 2 repeticiones y los datos expresados en base seca. El factor de conversión de nitrógeno a proteína es de 6.25.

Las variables a analizar en el presente trabajo fueron: producción de leche, peso corporal, cuadro hemático, hematocrito, proteína sérica, NEFA (sigla proveniente del inglés Non Esterified Fatty Acids), Betahidroxibutirato, glucosa, colesterol, triglicéridos, calcio, fósforo inorgánico, magnesio, cortisol y T3.

Los muestreos se realizaron cada 15 días, iniciando 15 días antes del parto y se continuaron hasta el día 75 posparto, en cada uno se realizó pesaje de los animales y se tomaron muestras de sangre.

Las muestras de sangre se realizaron entre 6 y 7 de la mañana por venopunción coccígea utilizando tubos de vacío con y sin anticoagulante. Las muestras fueron trasladadas al laboratorio de Reproducción Animal, de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, los tubos sin anticoagulante se utilizaron para obtención del suero, se centrifugaron entre 2700 rpm durante 15 minutos y se almacenaron en alícuotas a -20 °C hasta que fueron recolectadas todas las muestras del experimento. Las muestras obtenidas en tubos con anticoagulante (EDTA) se utilizaron para la

realización de microhematocrito y del cuadro hemático donde se ejecutó el recuento de neutrófilos, linfocitos, monocitos, eosinófilos y basófilos.

Las muestras almacenadas en alícuotas a -20 °C fueron analizadas posteriormente para la obtención de datos de química sanguínea; el análisis de los metabolitos energéticos glucosa, colesterol, ácidos grasos no esterificados (NEFA), beta-hidroxiacetato (BHB), triglicéridos (TGD), y minerales magnesio (Mg), fósforo inorgánico (PI) y calcio (Ca) se realizó mediante pruebas enzimáticas colorimétricas para reflectometría óptica (Tabla #). Se utilizaron kits comerciales Randox (Antrim, UK); para equipo de reflectometría óptica automatizada RT-1904C (Rayto, Shenzhen, China).

**Tabla 2-5 Pruebas enzimáticas colorimétricas para reflectometría óptica utilizadas para el análisis de metabolitos séricos.**

PRUEBA ENZIMÁTICA	
METABOLITO	MÉTODO UTILIZADO
<b>NEFA</b>	Método colorimétrico
<b>BHB</b>	Método cinético enzimático para medir el nivel de D-3-hidroxiacetato en suero o plasma. El método se basa en la oxidación de D-3-hidroxiacetato a acetoacetato por acción de la enzima 3-hidroxiacetato deshidrogenasa. Concomitante con esta oxidación, el cofactor NAD <sup>+</sup> se reduce a NADH y el cambio de absorbancia asociado está en relación directa con la concentración de D-3-hidroxiacetato.
<b>Glucosa</b>	La glucosa se determina después de una oxidación enzimática en presencia de glucosa oxidasa. El peróxido de hidrogeno formado reacciona, catalizado por la peroxidasa, con fenol y 4-aminofenazona para formar un indicador de quinoneimina rojo-violeta.
<b>Triglicéridos</b>	Los triglicéridos se determinan tras hidrólisis enzimática con lipasas. El indicador es una quinoneimina formada a partir de peróxido de hidrogeno, 4-aminofenazona y 4-clorofenol bajo la influencia catalítica de la peroxidasa.
<b>Colesterol</b>	El colesterol se determina tras una hidrólisis enzimática y una oxidación. El indicador quinoneimina se forma a partir de peróxido de hidrogeno y 4-aminoantipirina en presencia de fenol y peroxidasa.
<b>Calcio</b>	O-cresoltaleina complejona sin desproteinización
<b>Fósforo</b>	El fósforo inorgánico reacciona con el molibdato armónico en presencia de ácido sulfúrico para formar un complejo de fosfomolibdato que se mide a 340 nm.
<b>Magnesio</b>	Los iones de magnesio reaccionan con azul de xilidilo en un medio alcalino para formar un quelato soluble en agua de color morado-rojizo. La intensidad del color es proporcional a la cantidad de magnesio en la muestra.

Tomado de manual Randox QC 2013.

Se realizaron los análisis de las hormonas cortisol y triyodotironina (T3), mediante un análisis de inmunoabsorción ligado a enzimas (ELISA) a través de kits comerciales marcadores de hormonas (NOVATEC Inmunodiagnóstica GMBH, Dietzenbach); la

lectura de la absorbancia se realizó en un lector de microplacas RT-2100C (Rayto, Shenzhen, China) en el laboratorio de Reproducción Animal de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.

Los datos de recolectados fueron analizados bajo un modelo mixto de medidas repetidas en el tiempo utilizando el software InfoStat (2008). El número de lactancias, el tiempo y su interacción constituyeron los efectos fijos y la vaca, anidada en el periodo de muestreo, representó el efecto aleatorio. Tres estructuras de covarianza se evaluaron en su capacidad de ajuste, componente simétrico (CS), no estructurada (UN) y autorregresiva de primer orden (AR). El menor valor del criterio de información de Akaike (AIC) y del criterio de información bayesiano (BIC) fueron utilizados como métodos para determinar la mejor estructura de covarianza (Littell y otros, 1998, citado por Posada, y otros, 2012). La estimación y comparación de las medias se realizó usando la instrucción ESTIMATE. Un análisis descriptivo exploratorio de tipo unidimensional, incluyendo media y error estándar, también fue realizado. De esta forma se estableció como modelo estadístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + G_i + S_j + GS_{ij} + GE_{ik} + GSE_{ijk} + a(GE_{ik}) + e_{ijkl}$$

Dónde:

$Y_{ijkl}$  = Variable independiente

$\mu$  = media general

$G_i$  = Efecto del tratamiento i-ésimo

$S_j$  = periodo de muestreo y lactancia

$GS_{ij}$  = interacción tratamiento por periodo

$GE_{ik}$  = interacción tratamiento, periodo y producción de leche ajustada anidada al animal

$GSE_{ijk}$  = efecto del tratamiento, periodo y producción de leche ajustada

$A(GE_{ik})$  = efecto aleatorio del i-ésimo animal anidado dentro de la interacción del i-ésimo tratamiento con el k-ésimo producción de leche ajustada.

### 3.Resultados y discusión

Durante el periodo de transición las vacas sufren cambios metabólicos y fisiológicos drásticos que tienen un efecto significativo en la producción de leche y la eficiencia reproductiva, estos animales deben estar sometidos a condiciones de manejo óptimas durante dicho periodo para garantizar un adecuado desempeño (Crowe & Williams, 2012); sin embargo, las condiciones metabólicas tienen un claro impacto en la respuesta fisiológica homeostática durante este periodo. De este modo, la suplementación energética se convierte en una herramienta útil para garantizar que el animal mantenga un balance energético adecuado que no afecte sus funciones vitales (Ospina, y otros, 2010).

#### 3.1 NEFA (Non Esterified Fatty Acids - Ácidos Grasos no esterificados)

Para NEFA (como proviene de las siglas en ingles Non Esterified Fatty Acids) se obtuvieron resultados comparables con los obtenidos por otros autores, para el tratamiento control y el tratamiento CaP no hubo diferencia significativa ( $p>0.05$ ) entre los tratamientos, pero el tratamiento PG difiere significativamente ( $p<0.05$ ) de los otros tratamientos como lo muestra la tabla 3-1 con los resultados de las medias obtenidas en el análisis estadístico.

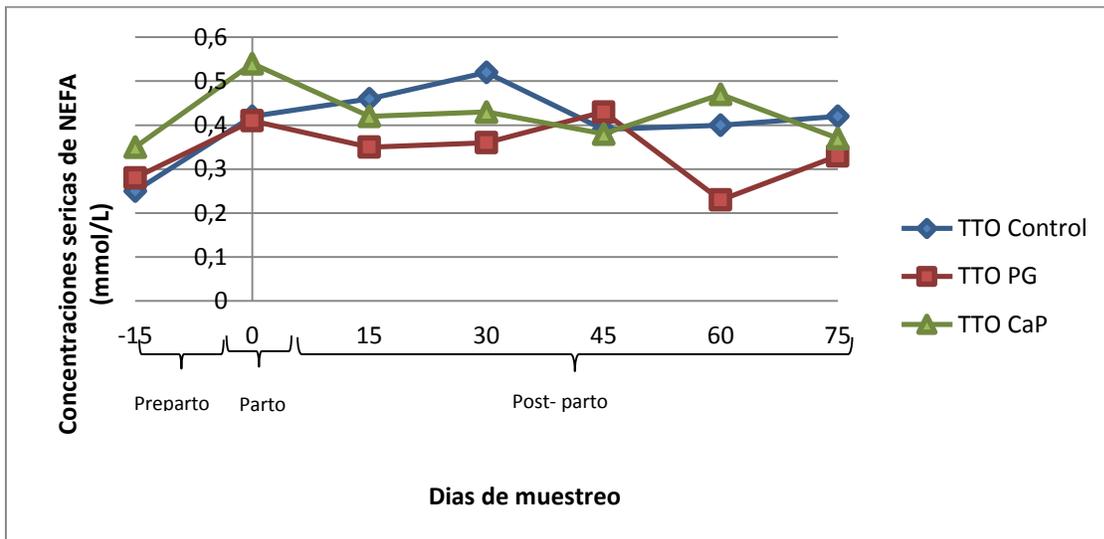
Tabla 3-1 Medias estadísticas de los tratamientos de estudio para niveles séricos de NEFA (mmol/L).

TRATAMIENTO	MEDIAS	E.E	p<0.05
CONTROL	0,41	0,04	A*
PROPILENGLICOL	0,37	0,03	B*
PROPIONATO DE CALCIO	0,39	0,03	A*

\*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p>0.05$ )

Múltiples estudios han informado que las concentraciones séricas de NEFA durante el parto deben estar entre 0.3 mmol/L a 0.5 mmol/L (LeBlanc, y otros, 2005; Ospina, y otros, 2010; Chapinal, y otros, 2011; Roberts, y otros, 2012) y durante el post-parto entre 0,70 a 1,0 mmol/L (LeBlanc, y otros, 2005; Ospina, y otros, 2010; Chapinal, y otros, 2011; Roberts, y otros, 2012), lo cual coincide con los valores séricos de NEFA encontrados en este estudio.

Para cada tratamiento hubo diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los días evaluados, para el control hubo diferencias significativas entre el día -15 y los otros días de muestreo, para el grupo suplementado con PG hubo diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los días -15, 60 y los otros días evaluados y para el CaP no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) como lo muestra la gráfica 3-1.



**Gráfica 3-1 Concentraciones séricas de NEFA en vacas lecheras sometidas a tres tratamientos durante el periodo de transición.**

Los niveles séricos de NEFA aumentaron durante la semana del parto para todos los tratamientos, durante las dos semanas posteriores al parto los niveles de NEFA disminuyeron para los tratamientos PG y CaP siendo mayor la disminución para el tratamiento PG alcanzando un valor de  $0.35 \pm 0.07$  mmol/L, estos valores sugieren que a pesar de que se puede reducir la respuesta insulínica mediada por un efecto lipogénico, los niveles séricos de NEFA pueden reducirse a través de un efecto negativo de movilización grasa producido por el propilenglicol (Stephenson, y otros, 1997).

El propilenglicol (propano-1,2-diol) (PG), es un compuesto que realiza un metabolismo similar al propionato por lo tanto, puede ser utilizado como un precursor gluconeogénico exógeno (Nielsen & Ingvarsen, 2004), ya que controla la movilización de grasa a partir de la estimulación de la liberación de insulina, que tiene un efecto inhibitor de la movilización de grasa del tejido adiposo. Este efecto se manifiesta en la reducción de los niveles de NEFA en sangre y la reducción de los niveles de triglicéridos en el hígado (Studer, y otros, 1993); bajo esta premisa, Hoedemaker, y otros, 2004, encontraron que vacas en periodo de transición alimentadas con PG redujeron significativamente las concentraciones séricas de NEFA, al igual que los resultados reportados por Rizo, y otros, (2008) que demostraron que con el suministro de PG mejoraron el balance energético negativo de los animales, resultante de una disminución del catabolismo de grasa corporal y los niveles séricos de NEFA.

En el caso del tratamiento con Propionato de Calcio bajo las condiciones de este estudio y el modelo estadístico aplicado no se hallaron diferencias significativas entre los días de muestreo lo que concuerda con lo encontrado por Benzaquen, y otros, 2015 quienes suplementaron vacas en periodo de transición con 516 g de propionato de calcio durante 3, 6 y 12 días post-parto y no obtuvieron diferencias significativas para los niveles séricos de NEFA entre los periodos de aplicación, se plantea que esto se debe a que la dosis suministrada no alcanza a suplir los requerimientos energéticos durante el periodo de transición, aunque numéricamente los valores séricos de NEFA para CaP se encuentren por debajo del tratamiento control, la suplementación no fue suficiente para compensar el déficit energético (Liu, y otros, 2009).

### 3.2 BHB (beta-hidroxi-butirato)

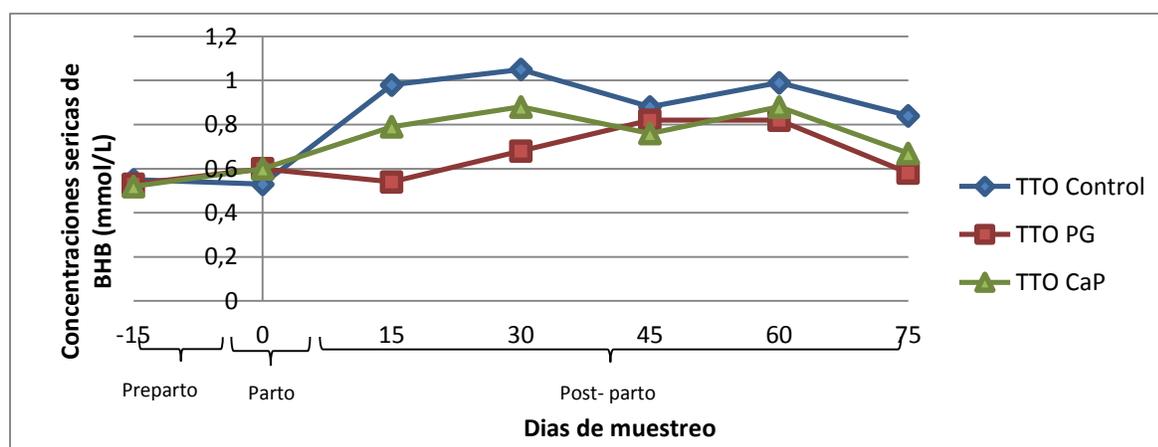
Para BHB no hubo diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos suplementados, no obstante, el tratamiento control si fue significativamente diferente ( $p < 0.05$ ) a estos como lo muestra la tabla 3-2, demostrando así que el PG y el CaP tienen un efecto reductor en la movilización grasa.

Tabla 3-2 Medias estadísticas de los tratamientos de estudio para niveles séricos de BHB (mmol/L).

TRATAMIENTO	MEDIAS	E.E	p<0.05
CONTROL	0,83	0,04	A*
PROPILENGLICOL	0,65	0,04	B*
PROPIONATO DE CALCIO	0,73	0,04	B*

\*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Entre los días de muestreo para el tratamiento control, se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los días -15, 0 que corresponde al parto y los otros días muestreados que van del día 15 al 75 después del parto, para el tratamiento PG se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los días 45, 60 y los otros periodos, y para el tratamiento CaP se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para los días -15, 0 y 75 con respecto a los otros periodos de muestreo como lo muestra la gráfica 3-2.



Gráfica 3-2 Concentraciones séricas de BHB en vacas lecheras sometidas a tres tratamientos durante el periodo de transición.

Chapinal, y otros. (2011) indica que las concentraciones preparto por encima de 0.8 mmol/L se asocia con problemas post-parto, bajo las condiciones de este estudio las concentraciones de BHB para todos los tratamientos durante el periodo preparto (-15 días con respecto al parto) tuvieron un valor medio de  $0.53 \pm 0.02$  mmol/L que se encuentra por debajo de los valores reportados en el anterior estudio.

Para el periodo post-parto se reporta la presencia de enfermedades metabólicas con valores de BHB entre 1.2 y 1.4 mmol/L (Ospina, y otros, 2010; Chapinal, y otros, 2011; Seifi, y otros, 2011; Roberts, y otros, 2012), bajo las condiciones de este experimento no se encontraron valores medios para cada periodo por encima  $0.90 \pm 0.06$  mmol/L, sin embargo, los animales del tratamiento control tuvieron siempre concentraciones séricas con valores superiores a las de PG y CaP lo que hace a estos animales más propensos a presentar enfermedades (Allen, 2013). En estudios realizados por Rizos, y otros, (2008) se encontró que animales tratados con PG redujeron las concentraciones séricas de BHB, Hoedemaker, y otros, (2004) también reportaron que animales tratados durante el periodo de transición con PG tuvieron concentraciones séricas de BHB menores comparados con el tratamiento control, al igual que los resultados obtenidos en el presente estudio donde los valores de BHB para los animales tratados con PG fueron significativamente ( $p < 0.05$ ) menores que los animales del grupo control, lo que sugiere que la disponibilidad de energía se mejoró con la suplementación de PG (Wang, y otros, 2009).

### **3.3 Glucosa**

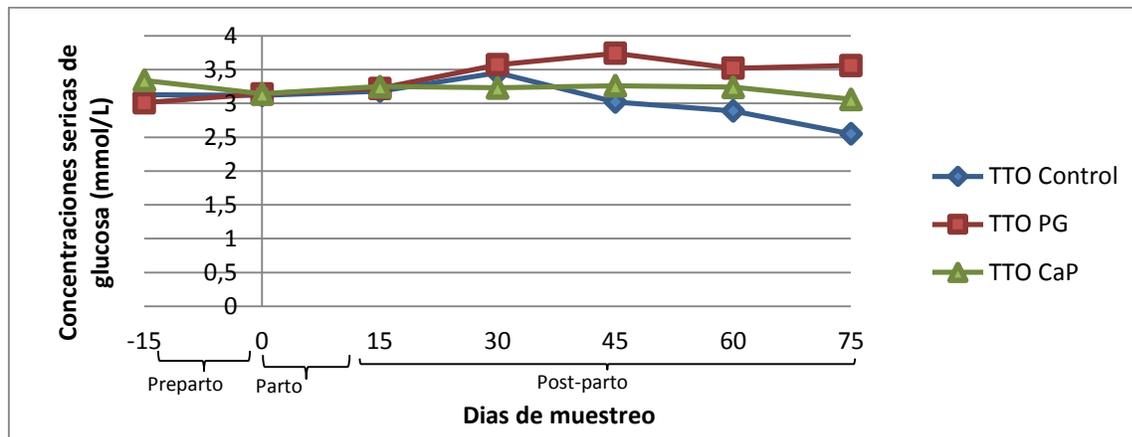
Según los valores de referencia de Kaneko, y otros, (2008) las concentraciones séricas normales de glucosa deben estar entre 2.5 y 4.16 mmol/L al igual que lo informado por Macrae, y otros, (2006) quienes consideran que los valores óptimos de glucosa deben ser  $> 3,0$  mmol/L, bajo las condiciones de este estudio las concentraciones séricas de glucosa tuvieron valores similares a los reportados por la literatura, sin embargo el tratamiento PG difirió significativamente ( $p < 0.05$ ) de los otros dos tratamientos según las medias estadísticas informadas en la tabla 3-3.

Tabla 3-3 Medias estadísticas de los tratamientos de estudio para niveles séricos de Glucosa (mmol/L).

TRATAMIENTO	MEDIAS	E.E	p<0.05
CONTROL	3.05	0,09	B*
PROPILENGLICOL	3.39	0,09	A*
PROPIONATO DE CALCIO	3.22	0,09	B*

\*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p>0.05$ )

Para los días de muestreo se encontraron diferencias significativas para el tratamiento control entre el día 75 y los otros periodos, para el tratamiento PG y el tratamiento CaP no se encontraron diferencias significativas ( $p>0.05$ ) entre los periodos (Grafica 3-3).



Grafica 3-3 Concentraciones séricas de Glucosa en vacas lecheras sometidas a tres tratamientos durante el periodo de transición.

Para los días de muestreo se encontraron diferencias significativas ( $p<0.05$ ) para todos los tratamientos en los días 30 y 45 que corresponden fisiológicamente al pico de la curva de lactancia, con respecto a los otros días de muestreados. Las concentraciones séricas de glucosa durante el preparto son bajas debido a la menor disponibilidad de sustratos para su formación como consecuencia de la disminución en el consumo de nutrientes y aumento de la demanda de nutrientes debido al último tercio de la gestación (Bauman, y otros, 2000 citado por Strieder, y otros, 2014), estos niveles tienen un aumento durante el parto y luego caen nuevamente, este aumento se debe a un incremento en los glucocorticoides y glucagón, que agotan las reservas hepáticas de glucógeno, después de superadas las dos semanas post-parto, los niveles séricos de glucosa se recuperan y aumentan parcialmente como consecuencia del incremento de la

gluconeogénesis necesaria para la lactancia como se muestra la gráfica 3-3 (Doepel, y otros, 2009), Christensen, y otros, (1997), encontraron en su estudio resultados similares, donde la suplementación con PG fue más eficaz en el aumento de la glucosa sérica durante la lactancia que durante el parto (Butler, y otros, 2006).

Varios estudios describen un aumento significativo en los niveles séricos de glucosa en animales tratados con PG durante el periodo de transición (DeFrain, y otros, 2004; Osman, y otros, 2008; Wang, y otros, 2009), también se han encontrado mayores concentraciones de glucosa en vacas suplementadas con glicerol (Chung, y otros, 2007), siendo estos resultados consistentes con los encontrados bajo las condiciones del presente estudio. El aumento en las concentraciones séricas de glucosa después del suministro de PG es debido a una disminución en la utilización de la glucosa por los tejidos periféricos, incluso bajo el aumento de los niveles séricos de insulina (Kristensen & Raun, 2007). Esta resistencia insulínica en los tejidos periféricos fue probablemente inducida por el suministro oral de PG, una disminución en la proporción de metabolitos cetogénicos a glucogénicos en la sangre a partir del metabolismo PG, o ambos (Kristensen & Raun, 2007).

### 3.4 Colesterol

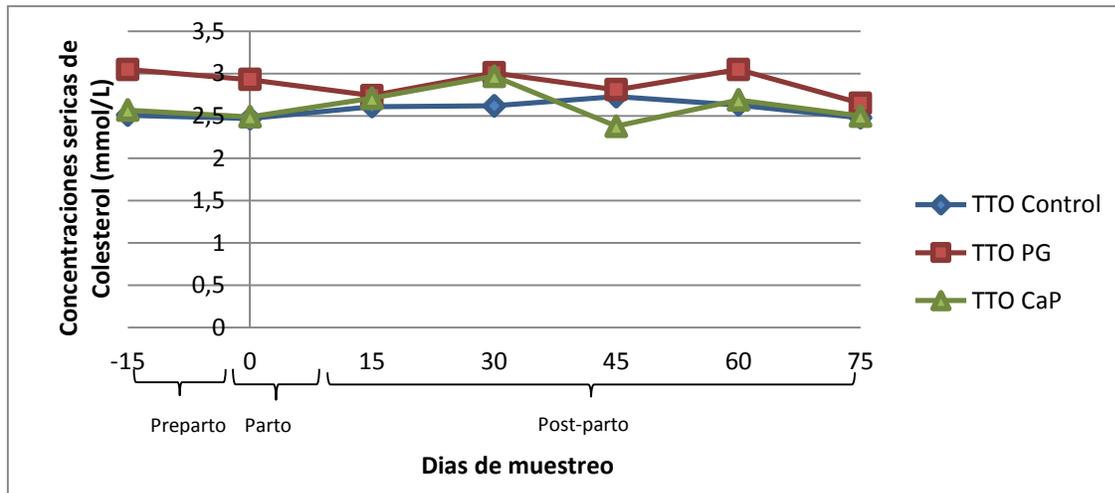
Los valores de referencia de Kaneko, y otros, (2008) indican concentraciones séricas normales de colesterol entre 1.50 y 2.28 mmol/L, en estudios realizados por Campos, y otros, (2007) se encontraron valores séricos de colesterol para vacas Holstein de  $2.1 \pm 1.2$  mmol/L y para vacas Girolando de  $3.5 \pm 1.1$  mmol/L. Para este estudio se encontraron valores medios de  $2.58 \pm 0.05$  mmol/L para el tratamiento control,  $2.89 \pm 0.05$  mmol/L para el tratamiento PG y  $2.62 \pm 0.05$  mmol/L para el tratamiento CaP, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos control y CaP, sin embargo, el tratamiento PG difiere significativamente ( $p < 0.05$ ) de los otros tratamientos (tabla 3-4).

**Tabla 3-4 Medias estadísticas de los tratamientos de estudio para niveles séricos de colesterol (mmol/L).**

TRATAMIENTO	MEDIAS	E.E	p<0.05
CONTROL	2.58	0,05	B*
PROPILENGLICOL	2.89	0,05	A*
PROPIONATO DE CALCIO	2.62	0,05	B*

\*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p>0.05$ )

Entre los periodos no hubo diferencias significativas ( $p>0.05$ ) para el tratamiento control, para el tratamiento PG hubo diferencias significativas ( $p<0.05$ ) entre los días -15, 0, 30 y 60 y los otros periodos de muestreo, para el tratamiento CaP hubo diferencias significativas en el día 30 con respecto a los otros periodos muestreados (Grafica 3-4).



**Grafica 3-4 Concentraciones séricas de Colesterol en vacas lecheras sometidas a tres tratamientos durante el periodo de transición.**

Durante el periodo preparto hubo una disminución en la concentración sérica de colesterol para todos los tratamientos, resultados que se encuentran consistentes con los informados por Seifi, y otros, (2007), que se explica por la tendencia del animal a mantener la síntesis de lípidos como tejidos de reserva, disminuyendo la formación de colesterol cuya demanda no es alta durante este periodo fisiológico (Aeberhard, y otros, 2001, citado por Campos, y otros, 2007).

Con respecto a los resultados encontrados bajo este estudio para el tratamiento con propilenglicol, estudios demuestran que los niveles séricos de colesterol aumentan con el

uso oral de propilenglicol (Formigoni, y otros, 1996, citado por Rizos, y otros, 2008). Se plantea que esto se debe a que el propilenglicol mejora el balance energético del animal y el aumento en el colesterol se asocia con una mejora en el balance de energía (Rizos, y otros, 2008).

### 3.5 Triglicéridos

Para triglicéridos, Kaneko, y otros, (2008) informa concentraciones séricas normales entre 0 y 0.77 mmol/L, bajo las condiciones del presente estudio se encontraron valores consistentes con los mencionados anteriormente; entre los tratamientos control y CaP no se encontraron diferencias significativas ( $p>0.05$ ), no obstante, el tratamiento PG difiere significativamente de estos tratamientos (tabla 3-5).

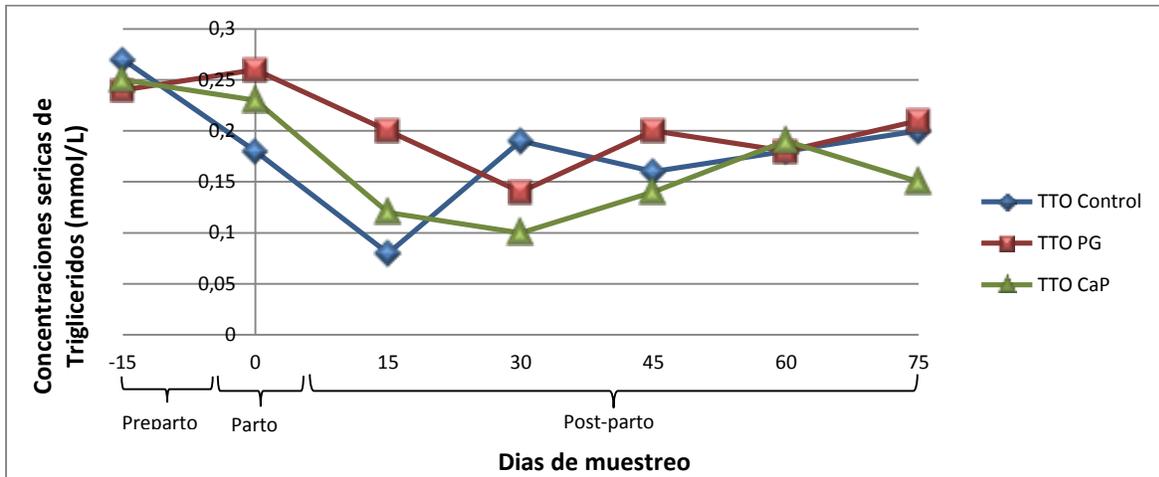
**Tabla 3-5 Medias estadísticas de los tratamientos de estudio para niveles séricos de triglicéridos (mmol/L).**

TRATAMIENTO	MEDIAS	E.E	p<0.05
CONTROL	0.18	0,02	B*
PROPILENGLICOL	0.21	0,02	A*
PROPIONATO DE CALCIO	0.17	0,02	B*

\*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p>0.05$ )

Para los tres tratamientos, se encontraron diferencias significativas para el día -15 que coinciden con los resultados encontrados por Seifi, y otros, (2007) donde muestran que las concentraciones de triglicéridos fueron significativamente más altas durante el periodo preparto (tres semanas antes del parto) que después del parto, encontrando que las concentraciones de triglicéridos en suero son mayores durante el periodo seco (Turk, y otros, 2004; Mantovani, y otros, 2010).

Para el tratamiento control se encontraron diferencias significativas entre el día 15 y los otros periodos esto debido posiblemente a la captación de triglicéridos por la glándula mamaria para la formación de grasa de la leche durante la lactancia (Grummer, y otros. 1993, citado por Seifi, y otros, 2007) al igual que en tratamiento CaP donde se encontraron diferencias significativas en los días 15 y 30 con respecto a los otros periodos, para el tratamiento PG no se encontraron diferencias significativas entre los días de muestreo (Grafica 3-5).



Grafica 3-5 Concentraciones séricas de Triglicéridos en vacas lecheras sometidas a tres tratamientos durante el periodo de transición.

### 3.6 Calcio

Mantener una concentración adecuada de calcio en sangre durante el periodo de transición de la vaca lechera resulta muy importante, debido a que si se producen caídas leves de la calcemia hay reducción del consumo, disminución del tono del músculo liso y aumentan la retención de placenta, desplazamiento de abomaso y mastitis (García, 2009).

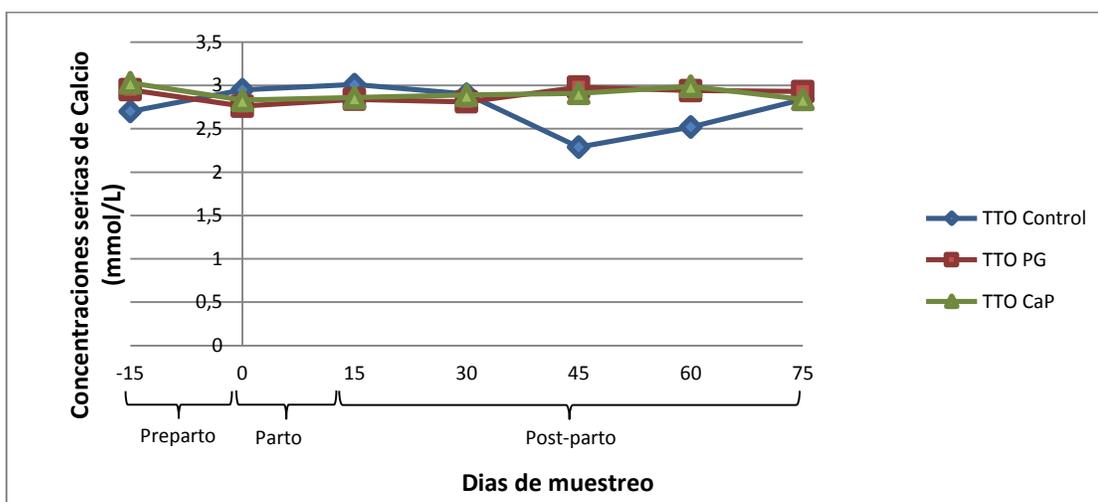
Diferentes autores informan valores para calcio, Poláková, y otros, (2010) encontró valores séricos de calcio durante el preparto 2.58 mmol/L y para el post-parto de 2.48 mmol/L, en estudios realizados por Salgado, y otros, (2009) se reportan valores para calcio durante el post-parto temprano de  $1.73 \pm 0.069$  mmol/L, Goff, y otros, (2014) reporta valores de 2.1 a 2.5 mmol/L durante el periodo de transición, para el caso particular de Colombia, en estudios realizados en el departamento de Nariño, Cedeño, y otros, (2011) reporta valores séricos de calcio de  $1.94 \pm 0.4$  mmol/L para el preparto.  $1.90 \pm 0.3$  mmol/L al inicio de la lactancia y  $2.00 \pm 0.3$  mmol/L durante la lactancia, la dinámica fue similar entre nuestro estudio y los valores mencionados anteriormente como lo muestra la tabla 3-6.

**Tabla 3-6 Medias estadísticas de los tratamientos de estudio para niveles séricos de calcio (mmol/L).**

TRATAMIENTO	MEDIAS	E.E	p<0.05
CONTROL	2.75	0,04	B*
PROPILENGLICOL	2.89	0,04	A*
PROPIONATO DE CALCIO	2.91	0,04	A*

\*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

El tratamiento control difirió significativamente ( $p < 0.05$ ) de los otros tratamientos, los valores más bajos para el grupo control se presentaron durante el periodo preparto (-15 días) y a los 45 y 60 días de lactancia, para los tratamientos PG y CaP no se presentaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los días de muestreo (Grafica 3-6).



**Grafica 3-6 Concentraciones séricas de calcio en vacas lecheras sometidas a tres tratamientos durante el periodo de transición.**

El periodo de transición (preparto y parto) se caracteriza por cambios endocrinos entre otros que el organismo genera como estrategia para mantener el equilibrio en los niveles de calcio (Guo, y otros, 2007), lo que se refleja en una mínima variación de la concentración sérica del mineral en los animales evaluados. Existen diferentes mecanismos homeostáticos que procuran mantener los niveles séricos de calcio en un margen estrecho que tienen como objetivo evitar trastornos metabólicos como la hipocalcemia. Dentro de estos mecanismos se encuentra el aumento de la reabsorción ósea mediado por la hormona paratiroidea y el aumento de la 1,25 dihidroxicolecalciferol (vitamina D3) que paulatinamente mejora la absorción intestinal (Kronqvist, y otros, 2011). Sin embargo, a pesar de que existen los mecanismos de regulación, durante el

parto y en los primeros días después del parto estos mecanismos se vuelven inestables y pueden disminuir los niveles séricos de calcio a pesar de que las concentraciones de la hormona paratiroidea y de vitamina D3 se mantengan estables (Block, 2010). Para las vacas del tratamiento control se presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para los días -15 que corresponde al parto, periodo que se caracteriza por cambios endocrinos que buscan mantener los niveles séricos de calcio y la preparación para el inicio de la lactancia (Overton & Waldron, 2004).

### 3.7 Magnesio

El magnesio (Mg) es un catión intracelular importante que actúa como cofactor en las reacciones enzimáticas vitales. De manera extracelular el magnesio es vital para la conducción nerviosa, la función muscular, y la formación de mineral óseo. Poláková, y otros, (2010) encontraron concentraciones séricas normales de Mg entre 0.80 y 1.0 mmol/L durante la lactancia temprana (segunda semana post-parto), al igual que Kaneko, y otros, (2008) quien informa valores séricos normales de Mg de  $0.84 \pm 0.10$  mmol/L, en estudios realizados por Cedeño, y otros, (2011) se comunicaron valores de Mg para el parto de  $1.10 \pm 0.1$  mmol/L, inicio de lactancia de  $1.00 \pm 0.1$  mmol/L y lactancia de  $1.00 \pm 0.1$  mmol/L, estos valores son consistentes con los encontrados en este estudio como lo muestra la tabla 3-7.

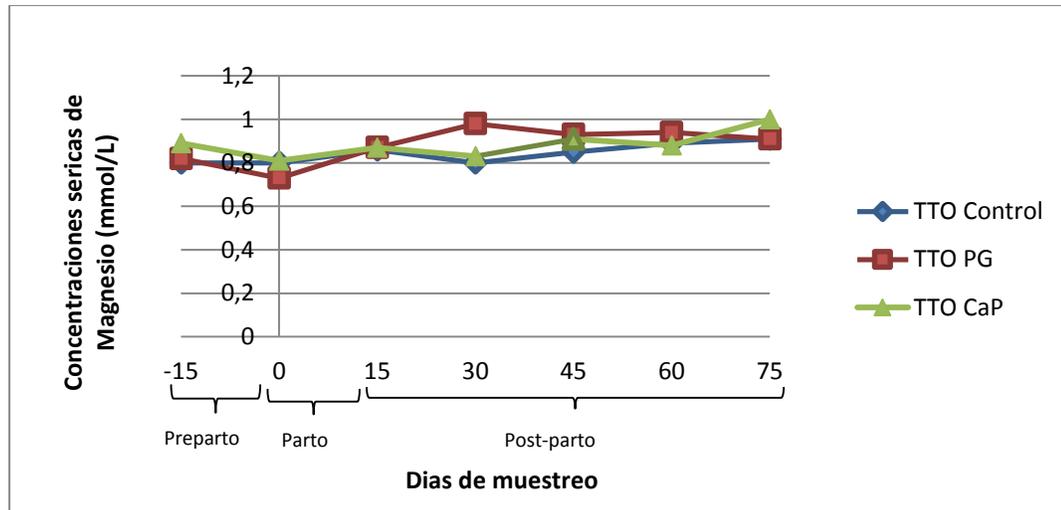
**Tabla 3-7 Medias estadísticas de los tratamientos de estudio para niveles séricos de magnesio (mmol/L).**

TRATAMIENTO	MEDIAS	E.E	p<0.05
CONTROL	0.84	0,03	B*
PROPILENGLICOL	0.88	0,03	A*
PROPIONATO DE CALCIO	0.89	0,02	A*

\*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Entre los tratamientos se encontró que el tratamiento control difiere significativamente ( $p < 0.05$ ) de los otros tratamientos, el magnesio es un mineral importante que participan en la regulación homeostática de calcio, y una disminución en las concentraciones de Mg podría inducir hipocalcemia (Goff, 2008). Aunque las concentraciones de magnesio fueron significativamente menores para el grupo control en comparación con las vacas

suplementadas, las diferencias son muy pequeñas y se mantuvieron dentro de los rangos reportados por la literatura (Martinez, y otros, 2012) (Grafica 3-7).



**Grafica 3-7 Concentraciones séricas de magnesio en vacas lecheras sometidas a tres tratamientos durante el periodo de transición.**

Para los días de muestreo no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos, lo que se encuentra consistente con lo descrito por Cedeño, y otros, (2011) y Kronqvist, y otros, (2011) estudios que no presentaron diferencias significativas en las concentraciones de magnesio durante los periodos evaluados (preparto, inicio de lactancia y lactancia).

### 3.8 Fósforo

El fósforo es un componente esencial de los fosfolípidos, fosfoproteínas, ácidos nucleicos, y de moléculas que transfieren energía como el ATP, también es un componente esencial del sistema tampón ácido-base y después del calcio es el segundo componente principal del mineral óseo (Goff, y otros, 2014). Goff, y otros, (2008) informa valores séricos normales de fósforo inorgánico (Pi) de 2.6 mmol/L, Rollin, y otros, (2010) encontró valores de Pi de animales sanos utilizados como control de 1.73 a 2.03 mmol/L, los valores encontrados bajo las condiciones del presente estudio son consistentes con los informados en la literatura (Tabla 3-8).

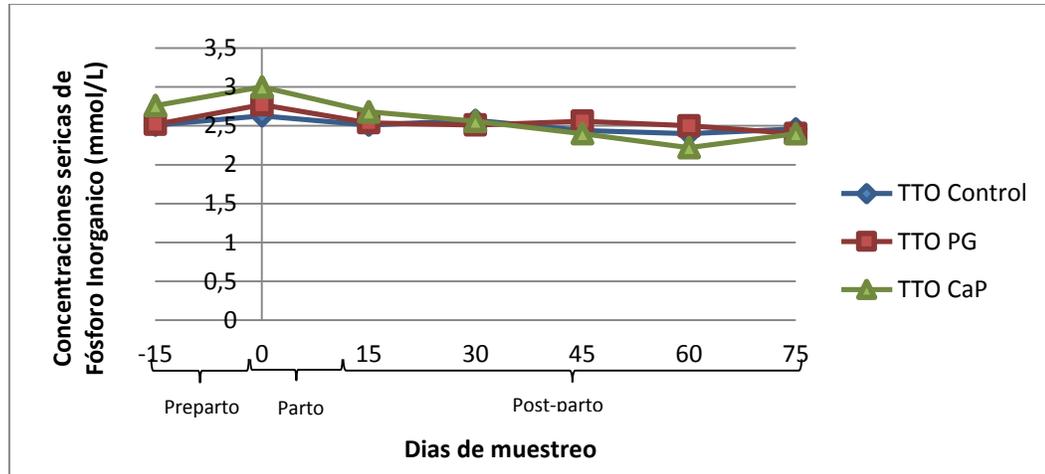
**Tabla 3-8 Medias estadísticas de los tratamientos de estudio para niveles séricos de fósforo inorgánico (mmol/L).**

TRATAMIENTO	MEDIAS	E.E	p<0.05
CONTROL	2.50	0,08	B*
PROPILENGLICOL	2.54	0,07	B*
PROPIONATO DE CALCIO	2.58	0,07	A*

\*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p>0.05$ )

No se encontraron diferencias significativas ( $p>0.05$ ) entre los tratamientos control y PG, sin embargo, el tratamiento CaP difirió significativamente ( $p<0.05$ ) con respecto a los otros tratamientos, esto se presenta posiblemente porque a pesar de que los niveles séricos de calcio y fósforo son regulados mediante control endocrino a través de la absorción intestinal, la reabsorción ósea, la recirculación a través de la saliva y la reabsorción renal, la suplementación mineral a través del CaP favoreció los contenidos de fósforo (Poláková, y otros, 2010), además el contenido de fósforo del lugar de pastoreo de los animales fue alto 96.2 ppm ya que el esperado para la zona es de 83 ppm, estos dos factores posiblemente causen la elevación de la concentración sérica de fósforo (Brokman, y otros, 2008).

Para los días de muestreo no se encontraron diferencias significativas ( $p>0.05$ ) entre los tratamientos los tratamientos, valores que son consistentes con los reportados por Poláková, y otros, (2010) y Martínez, y otros, (2012) quienes informan niveles séricos de fósforo inorgánico similares durante el pre y el post-parto. Estos resultados presumiblemente indican que este metabolito tiene un menor grado de regulación homeostática con respecto a metabolitos como el calcio y que está mediado por la ingesta del mineral en la dieta (Ceballos, y otros, 2004) (Grafica 3-8).



**Grafica 3-8 Concentraciones séricas de fósforo inorgánico en vacas lecheras sometidas a tres tratamientos durante el periodo de transición.**

### 3.9 Cortisol

Para los valores séricos de cortisol, Hernández, y otros, (2011) encontró valores medios para vacas Hartón del Valle en condiciones del Valle del Cauca de 32.42 nmol/l y Vélez & Uribe (2010) informan valores de  $21.4 \pm 1.4$  nmol/l para vacas Holstein, bajo las condiciones de este experimento, los niveles encontrados para los animales del grupo control que no fueron sometidos a ningún tratamiento fueron superiores a los encontrados en la literatura, presumiblemente estos cambios en los niveles séricos de cortisol se deben a la manipulación de los animales durante el muestreo ya que estos fueron apartados del lugar de ordeño para realizar la venopunción (Trevisi, y otros, 2012) (Tabla 3-9).

No se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos PG y CaP, sin embargo, con respecto al tratamiento control los dos grupos suplementados tuvieron mayores niveles séricos de cortisol, lo cual es consistente con estudios realizados por Huzzey, y otros, (2011), donde encontraron que la suplementación oral como purga en vacas lecheras aumenta los niveles séricos de cortisol, debido al estrés que se le ocasiona al animal como consecuencia de la manipulación para el suministro del producto (Costa & Dasso, 2007) (Tabla 3-9).

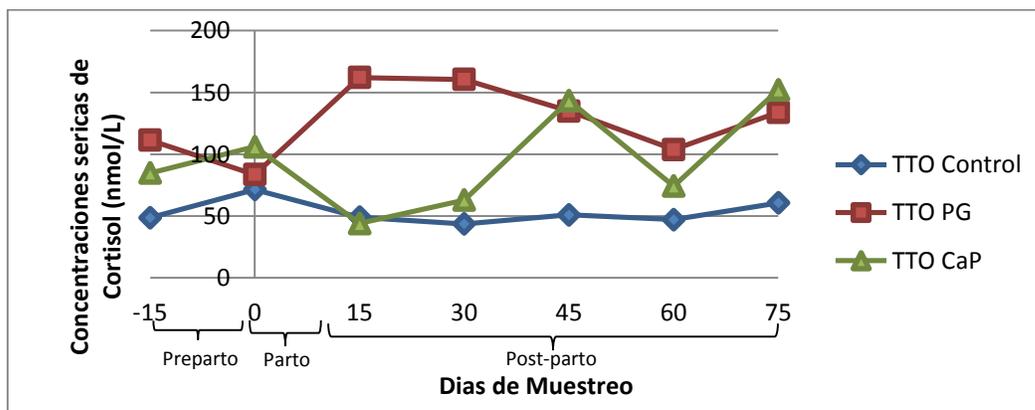
Tabla 3-9 Medias estadísticas de los tratamientos de estudio para niveles séricos de cortisol (nmol/L).

TRATAMIENTO	MEDIAS	E.E	p<0.05
CONTROL	53.08	33,16	B*
PROPILENGLICOL	127.17	30,01	A*
PROPIONATO DE CALCIO	95.38	38,18	A*

\*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p>0.05$ )

Para los días de muestreo no se presentaron diferencias estadísticas en el tratamiento control, para el grupo PG los valores más altos de cortisol se presentaron para los días 15, 30, 45 y 75 y para CaP se presentaron los días 45 y 75, estos días corresponden a la lactancia periodo durante el cual el animal está sometido a manipulación, esto, sumado a la manipulación producto de la suplementación que actúa como agente estresor incrementan los niveles de cortisol debido a que sus receptores se encuentran localizados en regiones específicamente involucradas con la regulación hormonal (hipotálamo e hipófisis) y particularmente con el sistema límbico, que juega un papel relevante en las conductas emocionales (Huzzey, y otros, 2011) (Grafica 3-9).

Los mecanismos fisiológicos del parto incluyen como elemento desencadenante del mismo los altos valores de cortisol al parto, sin embargo, se ha encontrado que los mayores valores séricos no concuerdan exactamente con el momento del parto, sino de una hasta tres semanas postparto. Así, un estudio alrededor del parto demostró que los valores de cortisol el día del parto no fueron los más elevados y que muchas vacas mantuvieron niveles altos incluso en la tercera semana postparto (Nikolic, y otros, 2003).



Grafica 3-9 Concentraciones séricas de cortisol en vacas lecheras sometidas a tres tratamientos durante el periodo de transición.

Además de ser un indicador de la respuesta de un animal a situaciones de estrés, el cortisol modula las actividades de los sistemas en respuesta a los cambios en el medio ambiente. El cortisol se usa frecuentemente para detectar cambios en la actividad del eje hipotalámico-pituitario-adrenal (HPA), que a su vez regula muchos procesos biológicos tales como balance de energía, la reproducción o la respuesta inmune, y es también activado por condiciones de estrés (Bayazit, 2009).

### 3.10 Triyodotironina (T3)

Los niveles de hormona tiroides tuvieron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos, teniendo los valores más bajos estadísticamente hablando para el grupo control, estos valores fueron consistentes con los informados por Contreras, y otros, (1999) quien encontró valores séricos de hormona T3 de  $1.4 \pm 0.43$  nmol/L en vacas Holstein al igual que Hernández, y otros, (2011) quien encontró valores de  $0.69 \pm 0.49$  nmol/L en el periodo preparto y  $1.02 \pm 0.68$  nmol/L durante la lactancia temprana (15 días después del parto) para vacas de la raza criolla Hartón del Valle (Tabla 3-10).

**Tabla 3-10 Medias estadísticas de los tratamientos de estudio para niveles séricos de triyodotironina (T3) (nmol/L).**

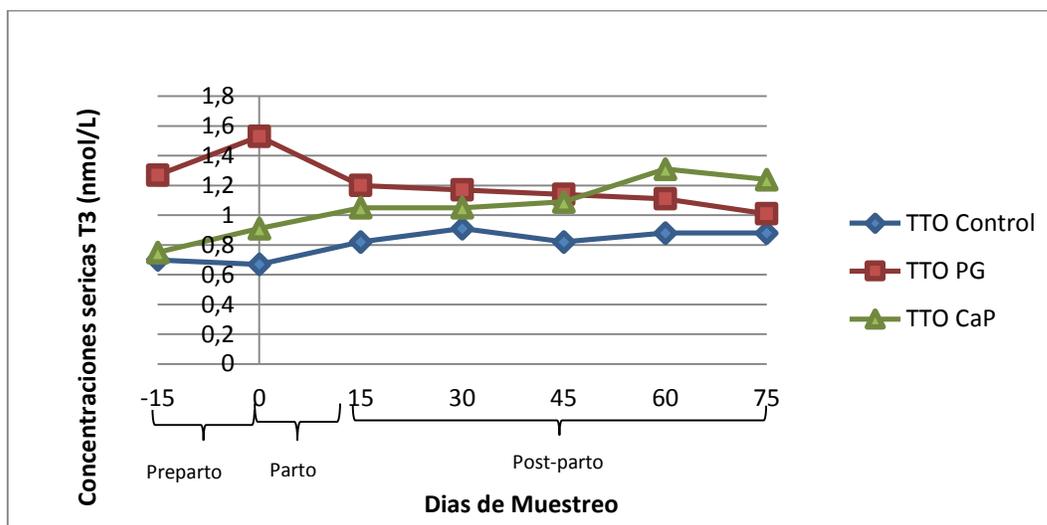
TRATAMIENTO	MEDIAS	E.E	p<0.05
CONTROL	0.85	0.05	C*
PROPILENGLICOL	1.20	0.05	A*
PROPIONATO DE CALCIO	1.06	0.05	B*

\*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Los niveles más altos de hormona T3 fueron encontrados para el tratamiento PG, esto se debe posiblemente a la disminución del balance energético negativo generado por el uso de propilenglicol como precursor energético durante el periodo de transición, Tiirats, y otros, (1997) (citado por Morales, y otros, 2005) encontró que las concentraciones plasmáticas de T3 eran afectadas positivamente por la ingesta de energía y proteína.

Para el tratamiento control no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los días de muestreo, el grupo suplementado con propilenglicol presento diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para el día 0 que corresponde al parto y el grupo CaP presentó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para los días -15 y 0 (Grafica 3-10). Estas diferencias

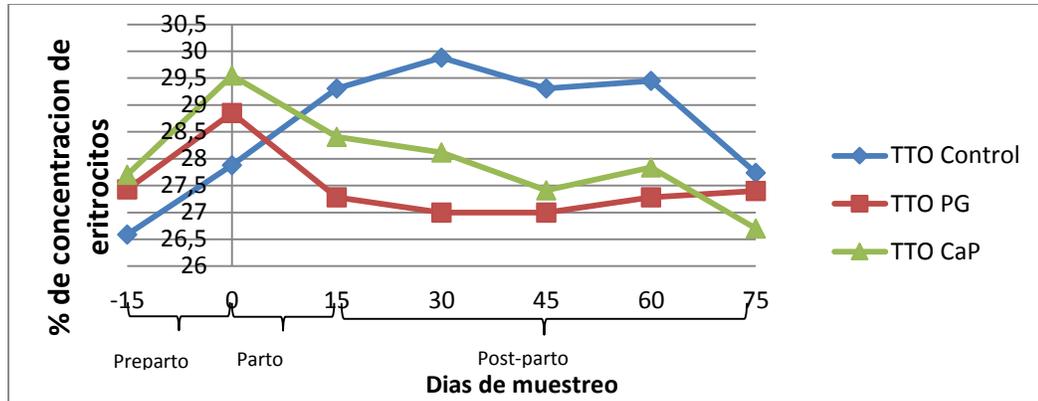
durante el parto son debidas presumiblemente a un efecto calorigénico proveniente de la progesterona cuyos niveles son altos en este estado fisiológico y a la mediación de la tiroides en el metabolismo basal para facilitar la acumulación grasa y la adecuación homeostática para el crecimiento fetal y la preparación de la glándula mamaria para la lactancia próxima (Contreras, 2011) (Grafica 3-10).



**Grafica 3-10 Concentraciones séricas de T3 en vacas lecheras sometidas a tres tratamientos durante el periodo de transición.**

### 3.11 Hematocrito

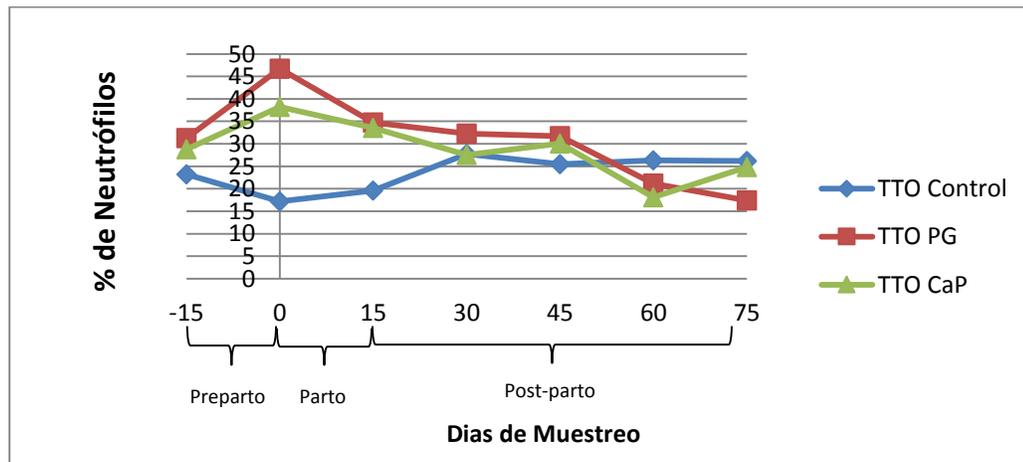
No se encontraron diferencias significativas para el porcentaje de hematocrito en los tratamientos evaluados (Grafica 3-11), todos los animales tuvieron un comportamiento similar con tendencia a disminuir en el período posterior al parto y aumentando a medida que se prolonga el tiempo postparto, resultados que se encuentran consistentes encontrados en el trabajo realizado por Rafia, y otros, (2011) y Ruginosu, y otros, (2010) donde también se presentó una disminución en la concentración de eritrocitos después del parto.



**Grafica 3-11 Concentraciones de eritrocitos en sangre en vacas lecheras sometidas a tres tratamientos durante el periodo de transición.**

### 3.12 Neutrófilos

Ruginosu, y otros, (2010) informa valores normales de neutrófilos para vacas sanas entre 15 a 47%, lo que es consistente con lo encontrado bajo las condiciones de este estudio, sin embargo los animales suplementados aumentaron las concentraciones de neutrófilos a partir del inicio de los tratamientos teniendo su mayor incremento durante el día 0 que corresponde al parto (Grafica 3-12).



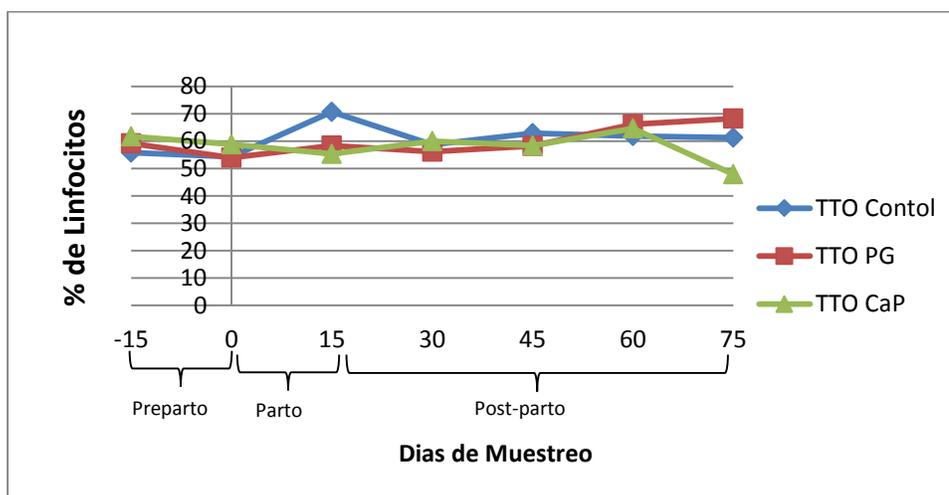
**Grafica 3-12 Porcentaje de neutrófilos en sangre en vacas lecheras sometidas a tres tratamientos durante el periodo de transición.**

Los neutrófilos hacen parte fundamental del sistema inmune actuando como defensa del animal contra los patógenos, son la primera barrera que tiene el animal en contra de la infección y su disminución es normal durante el periparto como consecuencia del

aumento en la concentración de glucocorticoides que provocan efectos supresores del sistema inmune y aumentan la susceptibilidad de los animales a padecer procesos infecciosos, además, de su relación con el balance energético negativo durante el periodo de transición (Lippolis, y otros, 2006), por lo cual se puede decir que los tratamientos con suplementación tienen un menor riesgo de padecer de enfermedades de tipo infeccioso en el posparto temprano ya que tienen un menor balance energético negativo en comparación con las vacas sin suplementación.

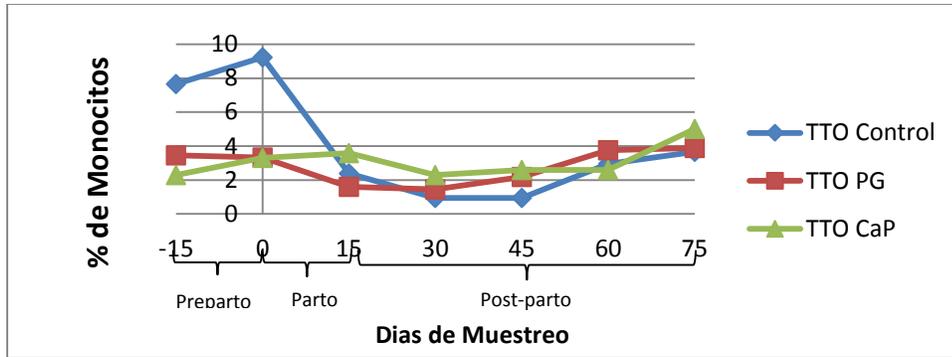
### 3.13 Linfocitos, Monocitos, Basófilos y Eosinófilos

Los linfocitos no presentaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) para los tratamientos ni para los periodos muestreados (Grafica 3-13).

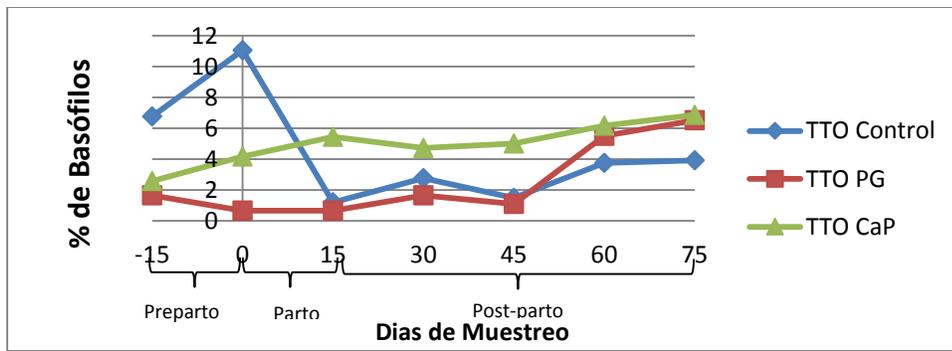


**Grafica 3-13 Porcentaje de linfocitos en sangre en vacas lecheras sometidas a tres tratamientos durante el periodo de transición.**

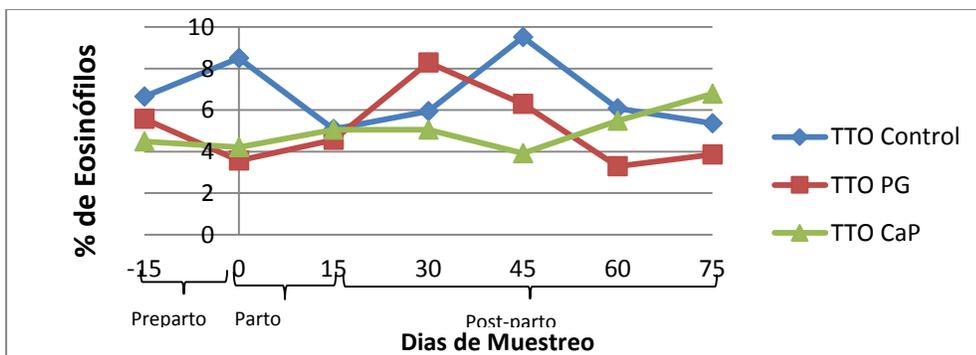
Los monocitos (Grafica 3-14), basófilos (Grafica 3-15) y eosinófilos (Grafica 3-16) se encuentran en la sangre en menor proporción, para este estudio los porcentajes se encuentran dentro de los rangos de referencia para vacas productoras de leche (Ruginosu, y otros, 2010) y en general se observa como el porcentaje de estas células disminuye durante el periodo posterior al parto. La variación e inestabilidad que se observa en las gráficas puede deberse a que al ser una proporción tan pequeña de células en la sangre se ve altamente afectada por la diferencia tan solo de una o dos células que se presenten en el leucograma de un animal a otro (Garcia, 2012).



Grafica 3-14 Porcentaje de monocitos en sangre en vacas lecheras sometidas a tres tratamientos durante el periodo de transición.



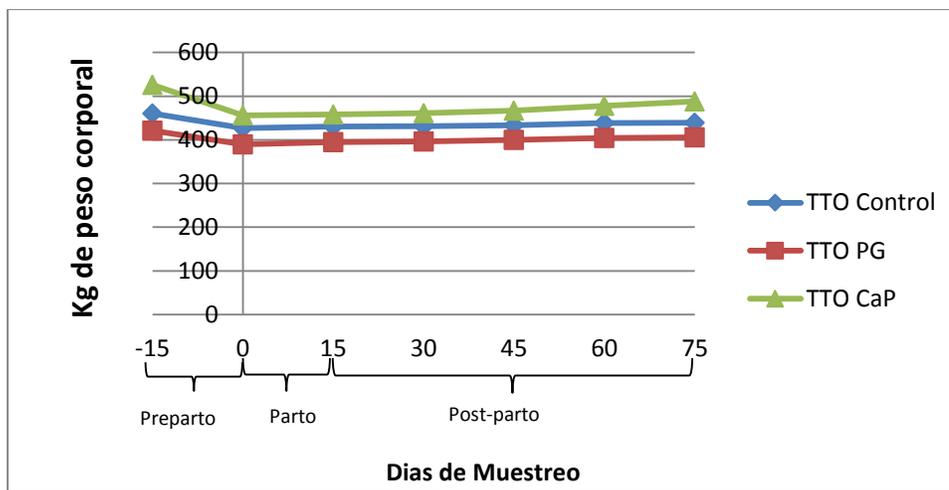
Grafica 3-15 Porcentaje de basófilos en sangre en vacas lecheras sometidas a tres tratamientos durante el periodo de transición.



Grafica 3-16 Porcentaje de eosinófilos en sangre en vacas lecheras sometidas a tres tratamientos durante el periodo de transición.

### 3.14 Peso corporal

Para el peso corporal presentan un comportamiento normal, teniendo un valor mayor en la etapa final de la gestación y disminuyendo notablemente después del parto debido a la pérdida del peso por la expulsión del ternero, la placenta y el líquido amniótico (Wattiaux, 1999), para después aumentar paulatinamente a medida que el animal aumenta el consumo de materia seca (Grafica 3-17).



**Grafica 3-17** Peso corporal en kilogramos de vacas lecheras sometidas a tres tratamientos durante el periodo de transición.

El peso corporal está afectado en gran medida por el tamaño del animal y el grado de engrasamiento (Salgado, y otros, 2009) por tal razón no se ha tenido en cuenta como una variable que permita determinar el efecto de la suplementación energética. Sin embargo en el trabajo realizado por Lomander, y otros, (2012) se encontró que el peso corporal no presenta diferencias significativas entre grupos sometidos a suplementación energética y grupos sin suplementación.

### 3.15 Relación costo-beneficio

En Colombia un kilogramo de propilenglicol se consigue comercialmente por un valor de \$7900 pesos y un kilogramo de propionato de calcio a \$8017 pesos lo que representa un valor por gramo de \$7.9 pesos y \$8.01 pesos respectivamente, cada animal fue

suplementado para el tratamiento PG con 150 g durante 30 días y para el tratamiento CaP con 200 g durante 42 días.

Para la suplementación oral de cada uno de los precursores energéticos se requieren 2 personas, en este caso personal del equipo de ordeño, los cuales reciben en Colombia un salario integral mensualmente por \$800000 pesos, este personal ocupa 10 minutos aproximadamente de su tiempo de trabajo suplementando cada animal lo que corresponde a \$1092.89 pesos por animal suplementado/día. En total el costo de la suplementación por animal durante todo el tratamiento se muestra en la tabla 3-11.

**Tabla 3-11 Costo total de suplementación por animal durante todo el tratamiento.**

Suplemento	Costo Suplemento/día	Días suplementados	Costo total de la suplementación /días de aplicación	Costo de mano de obra/días de aplicación	Costo total de suplementación y mano de obra
<b>Propilenglicol</b>	\$ 1.185,00	30	\$ 35.550,00	\$ 32.786,70	\$ 68.336,70
<b>Propionato de Calcio</b>	\$ 1.603,40	42	\$ 67.342,80	\$ 45.901,38	\$ 113.244,18

Producir un litro de leche en Colombia cuesta \$764 pesos (País, 2013) para las condiciones de trópico bajo, suplementar una vaca con PG durante el periodo de transición bajo las condiciones de este estudio tuvo un valor de \$22.14 pesos litro/vaca/día lo cual corresponde a un costo total de producción de \$786.14 pesos litro/vaca/día, este valor incrementa en un 2.8% los costos de producción para el hato, sin embargo, con respecto a la producción de leche del grupo control, los animales suplementados con propilenglicol obtuvieron en promedio 414 litros más de leche con respecto al control durante el total de la lactancia lo que corresponde a un incremento de la producción de 13.4%.

La suplementación con CaP tuvo un valor de \$36.69 pesos litro/vaca/día lo cual corresponde a un costo total de producción de \$800.69 pesos litro/vaca/día, este valor incrementa en un 4.8% los costos de producción para el hato y aumenta en un 11.11% la producción que corresponden a un aumento de 342.86 litros más de leche con respecto al control durante el total de la lactancia.

En cuanto a la relación costo-beneficio, el propilenglicol tuvo una mejor respuesta ya que el producto tiene un valor más bajo con respecto al CaP y el menor tiempo de aplicación disminuye los costos de mano de obra.

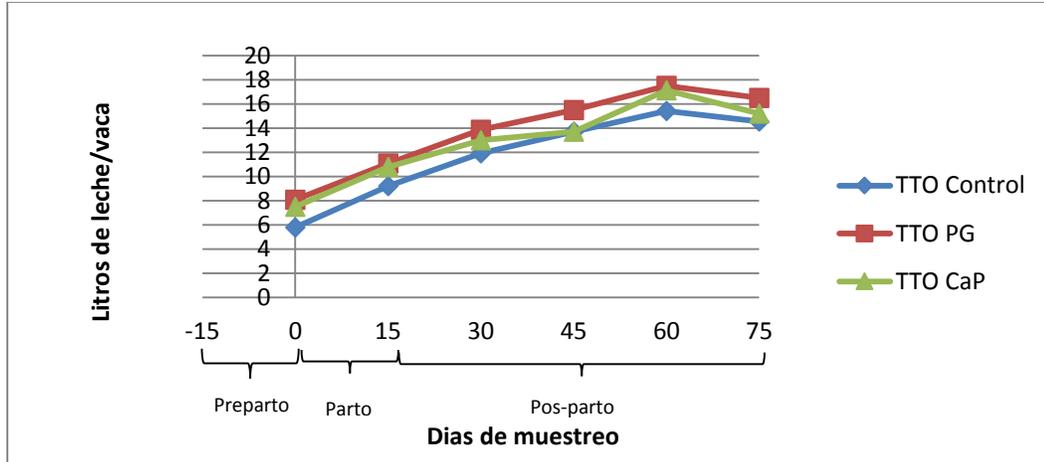
### 3.16 Producción de leche

Para la producción de leche hubo diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) del tratamiento control con respecto a los tratamientos PG y CaP (Grafica 3-18), estos resultados son comparables con los informados por Pikett, y otros, (2003) quien encontró que vacas suplementadas con propilenglicol durante el final de la gestación y el inicio de la lactancia incrementaron la producción de leche en un 12% con respecto al grupo control, del mismo modo, McNamara & Valdez, (2005) encontraron que vacas tratadas con propionato de calcio durante el periodo de transición aumentaron en 2.6 Kg/día la producción de leche. El aumento de la producción de leche se puede esperar ya que el PG y el CaP aumentan la concentración energética de la ración. PG es un aditivo con un alto contenido energético que se aproxima a 23.7 MJ (Miyoshi, y otros, 2001) (Tabla 3-12).

**Tabla 3-12 Medias estadísticas de los tratamientos de estudio para producción promedio de leche por animal (Litros/vaca)**

TRATAMIENTO	MEDIAS	E.E	p<0.05
CONTROL	10.64	0,29	B*
PROPILENGLICOL	11.43	0,26	A*
PROPIONATO DE CALCIO	10.85	0,25	B*

\*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )



**Grafica 3-18** Litros de leche producidos por vacas sometidas a tres tratamientos durante el periodo de transición.

### 3.17 Actividad reproductiva

Durante el estudio se presentaron casos de repetición de celo después de la inseminación artificial para los tratamientos control y CaP, 3 y 1 animal que corresponden al 42% y 14% respectivamente de los animales evaluados para cada grupo, los animales suplementados con PG no presentaron esta condición reproductiva y quedaron preñadas dentro de los tiempos estimados en el hato. Estudios realizados han demostrado que el balance energético negativo se asocia a una mayor incidencia de ciclos reproductivos irregulares que pueden aumentar al primer servicio y reducir las tasas de concepción (Wathes, y otros, 2007). Este BEN ocasionado por el agotamiento prolongado de las reservas corporales y las fluctuaciones en la ingesta de materia seca durante el inicio de la lactancia, pueden tener efectos negativos importantes sobre la reactivación ovárica y las tasas de concepción. El mal estado energético del animal se ha asociado con menores tasas de recuperación de ovocitos y posteriores problemas en el desarrollo embrionario en las vacas lecheras (Butler, 2000).

Los efectos de reducción de niveles séricos de NEFA y BHB ocasionados por PG son un indicador de que la vaca está movilizando menos grasa y como consecuencia el balance de energía tiende a ser positivo (Nielsen & Ingvarstent, 2004). El balance negativo de energía excesivo y altos niveles de cuerpos cetónicos se han asociado con disminución de la eficiencia reproducción en vacas lecheras (Taylor, y otros, 2003) por lo tanto, la

capacidad de PG para reducir la movilización grasa, especialmente en vacas con altos niveles de NEFA podría tener efectos beneficiosos en la reproducción.

## **4. Conclusiones y recomendaciones**

### **4.1 Conclusiones**

Suplementado con precursores energéticos como propilenglicol y propionato de calcio, incremento la producción de leche durante el periodo de transición.

La suplementación con PG y CaP mejoró la respuesta inmune de las vacas durante el periodo de transición evidenciando un aumento en el porcentaje de neutrófilos, los cuales al ser células de defensa del organismo ayudan a disminuir los riesgos de aparición de enfermedades infecciosas.

La suplementación con PG disminuyó el balance energético negativo de las vacas y fue evidenciado en la reducción de los niveles séricos de NEFA y BHB y el aumento en los niveles séricos de metabolitos energéticos, de minerales y hormonas.

La suplementación con PG aumento la eficiencia reproductiva del hato con una menor incidencia en la repetición de celos después de la inseminación.

Suplementar una vaca con PG incrementó en 13.4% la producción y solo elevó los costos de producción en un 2.8%, por lo tanto existe una relación positiva costo-beneficio.

### **4.2 Recomendaciones**

Se recomienda realizar estudios con respecto a la dosis de suplementación que permitan establecer el volumen efectivo para mejorar balance energético negativo en vacas lecheras en condiciones del trópico.

Es importante investigar más a fondo el metabolismo de minerales que permitan establecer una relación de estos con el balance energético durante el periodo de transición.

Es necesario avanzar en el estudio de otras formas para entregar la suplementación, toda vez que la forma oral, genera problemas de eficiencia en la oferta.

**A. Anexo: Valores de metabolitos séricos por periodos para los tres grupos suplementados (mmol/L)**

METABOLITO	TRATAMIENTO	PERIODO	Medias	E.E.
NEFA	1	-15	0,25	0,05
	1	0	0,42	0,07
	1	15	0,46	0,08
	1	30	0,52	0,07
	1	45	0,39	0,06
	1	60	0,4	0,06
	1	75	0,42	0,08
	2	-15	0,28	0,04
	2	0	0,41	0,07
	2	15	0,35	0,08
	2	30	0,36	0,07
	2	45	0,43	0,06
	2	60	0,23	0,06
	2	75	0,33	0,08
	3	-15	0,35	0,04
	3	0	0,54	0,07
	3	15	0,42	0,08
	BHB	3	30	0,43
3		45	0,38	0,06
3		60	0,47	0,06
3		75	0,37	0,08
1		-15	<b>0,55</b>	<b>0,04</b>
1		0	0,53	0,06
1		15	0,98	0,11
1		30	1,05	0,1
1		45	0,88	0,09
1		60	0,99	0,11
1		75	0,84	0,09
2		-15	0,53	0,04
2		0	0,6	0,05
2		15	0,54	0,1
2		30	0,68	0,1
2		45	0,82	0,09
2		60	0,82	0,11
2		75	0,58	0,09
3	-15	0,52	0,04	
3	0	0,6	0,05	
3	15	0,79	0,1	
3	30	0,88	0,1	
3	45	0,76	0,09	
3	60	0,88	0,11	
3	75	0,67	0,09	

Valores de metabolitos séricos por periodos para los tres grupos suplementados(mmol/L)

METABOLITO	TRATAMIENTO	PERIODO	Medias	E.E.
GLUCOSA	1	-15	3,13	0,2
	1	0	3,12	0,2
	1	15	3,18	0,29
	1	30	3,45	0,2
	1	45	3,02	0,25
	1	60	2,89	0,24
	1	75	2,55	0,2
	2	-15	3,01	0,19
	2	0	3,14	0,2
	2	15	3,22	0,28
	2	30	3,57	0,2
	2	45	3,74	0,24
	2	60	3,52	0,23
	2	75	3,56	0,19
	3	-15	3,34	0,2
	3	0	3,14	0,2
	3	15	3,25	0,28
	COLESTEROL	3	30	3,23
3		45	3,26	0,25
3		60	3,24	0,23
3		75	3,06	0,2
1		-15	2,51	0,15
1		0	2,47	0,16
1		15	2,61	0,11
1		30	2,62	0,1
1		45	2,73	0,1
1		60	2,63	0,15
1		75	2,48	0,13
2		-15	3,05	0,15
2		0	2,93	0,16
2		15	2,74	0,11
2		30	3,01	0,1
2		45	2,81	0,1
2		60	3,05	0,14
2		75	2,65	0,12
3	-15	2,57	0,14	
3	0	2,49	0,15	
3	15	2,71	0,11	
3	30	2,97	0,1	
3	45	2,38	0,1	
3	60	2,69	0,14	
3	75	2,5	0,12	

Valores de metabolitos séricos por periodos para los tres grupos suplementados (mmol/L)

METABOLITO	TRATAMIENTO	PERIODO	Medias	E.E.
TRIGLICERIDOS	1	-15	<b>0,27</b>	<b>0,03</b>
	1	0	0,18	0,04
	1	15	0,08	0,04
	1	30	0,19	0,03
	1	45	0,16	0,03
	1	60	0,18	0,04
	1	75	0,2	0,04
	2	-15	0,24	0,03
	2	0	0,26	0,04
	2	15	0,2	0,04
	2	30	0,14	0,03
	2	45	0,2	0,03
	2	60	0,18	0,04
	2	75	0,21	0,04
	3	-15	0,25	0,03
	3	0	0,23	0,04
	3	15	0,12	0,04
	3	30	0,1	0,03
	3	45	0,14	0,03
	3	60	0,19	0,03
	3	75	0,15	0,04
CALCIO	1	-15	<b>2,7</b>	<b>0,15</b>
	1	0	2,95	0,15
	1	15	3,01	0,15
	1	30	2,9	0,15
	1	45	2,29	0,15
	1	60	2,52	0,15
	1	75	2,84	0,15
	2	-15	2,95	0,11
	2	0	2,76	0,11
	2	15	2,84	0,11
	2	30	2,81	0,11
	2	45	2,98	0,11
	2	60	2,94	0,11
	2	75	2,93	0,11
	3	-15	3,03	0,1
	3	0	2,83	0,1
	3	15	2,86	0,1
	3	30	2,89	0,1
	3	45	2,91	0,1
	3	60	2,99	0,1
	3	75	2,84	0,1

Valores de metabolitos séricos por periodos para los tres grupos suplementados (mmol/L)

METABOLITO	TRATAMIENTO	PERIODO	Medias	E.E.
MAGNESIO	1	-15	<b>0,8</b>	<b>0,03</b>
	1	0	0,8	0,04
	1	15	0,86	0,04
	1	30	0,8	0,06
	1	45	0,85	0,03
	1	60	0,89	0,04
	1	75	0,91	0,03
	2	-15	0,82	0,03
	2	0	0,73	0,04
	2	15	0,87	0,04
	2	30	0,98	0,06
	2	45	0,93	0,03
	2	60	0,94	0,04
	2	75	0,91	0,03
	3	-15	0,89	0,03
	3	0	0,81	0,04
	3	15	0,87	0,04
	3	30	0,83	0,06
3	45	0,91	0,03	
3	60	0,88	0,04	
3	75	1	0,03	
FOSFORO	1	-15	<b>2,51</b>	<b>0,19</b>
	1	0	2,63	0,17
	1	15	2,51	0,18
	1	30	2,57	0,18
	1	45	2,44	0,14
	1	60	2,4	0,12
	1	75	2,46	0,12
	2	-15	2,52	0,19
	2	0	2,77	0,16
	2	15	2,54	0,18
	2	30	2,51	0,18
	2	45	2,56	0,13
	2	60	2,5	0,11
	2	75	2,4	0,11
	3	-15	2,76	0,19
	3	0	3	0,16
	3	15	2,68	0,17
	3	30	2,56	0,18
3	45	2,4	0,13	
3	60	2,22	0,11	
3	75	2,4	0,11	

Valores de metabolitos séricos por periodos para los tres grupos suplementados (nmol/L)

METABOLITO	TRATAMIENTO	PERIODO	Medias	E.E.
CORTISOL	1	-15	48,65	40,77
	1	0	71,4	40,77
	1	15	49,06	40,77
	1	30	43,62	40,77
	1	45	50,99	40,77
	1	60	47,17	40,77
	1	75	60,65	40,77
	2	-15	111,41	38,25
	2	0	83,51	38,25
	2	15	162,08	38,25
	2	30	160,54	38,25
	2	45	134,98	38,25
	2	60	103,8	38,25
	2	75	133,84	38,25
	3	-15	84,85	36,98
	3	0	106,02	36,98
	3	15	44,08	36,98
	3	30	62,95	36,98
	3	45	143,45	36,98
	3	60	74,24	36,98
3	75	152,08	36,98	
T3	1	-15	0,7	0,11
	1	0	0,67	0,11
	1	15	0,82	0,11
	1	30	0,91	0,11
	1	45	0,82	0,11
	1	60	0,88	0,11
	1	75	0,88	0,11
	2	-15	1,27	0,1
	2	0	1,53	0,1
	2	15	1,2	0,1
	2	30	1,17	0,1
	2	45	1,14	0,1
	2	60	1,11	0,1
	2	75	1,01	0,1
	3	-15	0,75	0,1
	3	0	0,91	0,1
	3	15	1,05	0,1
	3	30	1,05	0,1
	3	45	1,09	0,1
	3	60	1,31	0,1
3	75	1,24	0,1	



## B. Anexo: Análisis bromatológico de alimentos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
SEDE PALMIRA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
LABORATORIO DE NUTRICIÓN ANIMAL

**SOLICITADO POR:** Rómulo Campos;

**MUESTRA:** Concentrado bovino leche estándar 70-soya, Pasto estrella (hojas)

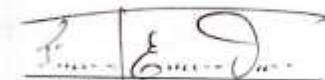
**ORIGEN:** Augi – Palmira

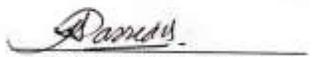
**ANÁLISIS EFECTUADO:** Weende, Van Soest

**FECHA DE ENTREGA:** 27 de Marzo de 2015

DETERMINACION (%)	CONCENTRADO BOVINO LECHE ESTANDART 70 - SOYA	PASTO ESTRELLA HOJAS
<b>WEENDE</b>		
MATERIA SECA	92.61	22.97
CENIZAS	7.27	9.69
PROTEINA	18.71	17.07
EXTRACTO ETereo	6.91	2.64
CARBOHIDRATOS	38.22	1.69
<b>VAN SOEST (%)</b>		
FDN	28.89	68.91
FDA	11.81	38.65
LIGNINA	3.20	7.12
CELULOSA	8.64	31.54
HEMICELULOSA	17.08	30.28

**Observaciones:** La muestra fue realizada con 2 repeticiones y los datos expresados en base seca. El factor de conversión de nitrógeno a proteína es de 6.25.

  
FERNANDO ESTRADA O. J. A. ESP.  
DIRECTOR LAB. NUTRICIÓN ANIMAL

  
PATRICIA L. SARRÍA BUENAVENTURA  
COORDINADORA LAB. NUTRICIÓN ANIMAL

Este análisis fue realizado en Laboratorio de uso docente e investigación en cursos de Nutrición animal, calidad nutricional de los alimentos y Nutrición avanzada de Monogéstricos. Perteneciente a la facultad de ciencias agropecuarias.

Carrera 32 No. 12 - 00 Vía Candelaria, LABORATORIO DE NUTRICIÓN ANIMAL  
GRANJA MARIO GONZALEZ ARANDA  
Conmutador: (57-2) 286 8888 Ext. 35351  
Correo electrónico: [ag@unad.edu.co](mailto:ag@unad.edu.co)  
Palmira, Valle del Cauca, Colombia



## Bibliografía

- Adrien, M., Mattiauda, D., Artegoitia, V., Carriquiry, M., Motta, G., Bentancur, O., & Meikle, A. (2012). Nutritional regulation of body condition score at the initiation of the transition period in primiparous and multiparous dairy cows under grazing conditions: milk production, resumption of post-partum ovarian cyclicity and metabolic parameters. *Animal*, 292-299.
- Aeberhard, K. B. (2001). Metabolic, Enzymatic and Endocrine Status in High-Yielding Dairy Cows - Part 2. . *J.Vet.Med*, 111-127.
- Allen, M. &. (2013). Metabolic Control of Feed Intake Implications for Metabolic Disease of Fresh Cows. . *Vet Clin Food Anim*, 279–297.
- Bauman, D. (2000). Regulation of nutrient partitioning during lactation: Homeostasis and homeorhesis. En D. Bauman, *Ruminant physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction* (págs. (págs. 311-28)). Pretoria: Cronjé PB.
- Bayazit, V. (2009). Evaluation of cortisol and stress in captive animals. *J. Basic Appl. Sci*, 3:1022–1031.
- Bell, A. (1995). Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. . *Journal of Animal Science*, 73:2804-2819.
- Benzaquen, M. G. (2015). Effect of oral mineral and energy supplementation on blood mineral concentrations, energetic and inflammatory profile, and milk yield in dairy cows affected with dystocia. . *The Veterinay Journal*, 1-26.
- Block, E. (2010). Transition cow research – what makes sense today. *Proceedings of the High Plains Dairy Conference*, (págs. 75-89). Amarillo, Texas.
- Blowey, R. W. (2005). Factors associated with lameness in dairy cattle. *Farm Animal Practice*, 27: 159 -160.
- Borchardt, S. S. (2012). Evaluation of the use of nonesterified esterified fatty acids and  $\beta$ -hydroxybutyrate concentrations in pooled serum samples for herd-based detection of subclinical ketosis in dairy cows during the first week after parturition. *J. Am.Vet. Med. Assoc.* , 240:1003–1011.

- Brokman, A., Lekmkuhler, J., & Undersander, D. (2008). Brokman AM, Lekmkuhler JW, Undersander DJ. *J Anim Sci.*, 86: 712-719.
- Butler, W. (2000). Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Anim Reprod Sci* , 60:449–57.
- Butler, W. (2003). Energy balance relationships whit follicular development ovulation and fertility in postpartum dairy cows. . *Livestock Production Science*, 83:211-218.
- Cagdas, K., Abdülkadir, O., & Duygu, U. (2009). Effects of calcium propionate by different numbers of applications in first week postpartum of dairy cows on hypocalcemia, milk production and reproductive disorders. . *J. Anim. Sci.* , 8: 259-270.
- Calsamiglia, S. (2005). Nuevos avances en el manejo y alimentación de la vaca durante el parto. . *XVI Curso de Especialización FEDNA*. Universidsd Autónoma de Barcelona.
- Campos, R. C. (2007). Indicadores metabólicos en razas especializadas en condiciones tropicales en Colombia. *Acta Agronomica*, 56(2): 85-92.
- Cardoso, F. (2008). Indicadores hematológicos, bioquímicos e ruminais no diagnóstico do deslocamento de abomaso à esquerda em vacas leiteiras do Sul do Brasil. *Pseq agrop bras*, 43:141-147.
- Ceballos, A., Villa, N., Betancourth, T., & Roncancio, D. (2004). Determinación de la concentración de calcio, fósforo y magnesio en el parto de vacas lecheras en Manizales, Colombia. *Rev Col Cienc Pec*, Vol. 17:2.
- Cedeño, D. C. (2011). Estudio Comparativo de Perfiles Metabólicos Minerales en Lecherías de dos Regiones de Nariño. *Revista Orinoquia*, 15(2):160-168.
- Chapinal, N. C. (2011). The association of serum metabolites with clinical disease during the transition period. *Journal of Dairy Science*, 94, 4897-4903.
- Chebel, R., & Santos, J. (2011). Association between leptin single nucleotide polymorphism and reproductive performance of lactating Holstein cows. *Anim Reprod Sci*, 127(3-4):126-34.
- Chilibroste, P., Soca, P., & Mattiauda, D. (2012). Estrategias de alimentación en Sistemas de Producción de Leche de base pastoril. *Pasturas 2012 : Hacia una ganadería competitiva y sustentable*. Balcarce : INTA, pp. 91-100.
- Christensen, J. G. (J. Dairy Sci.). Effect of method of delivery of propylene glycol on plasma metabolites of feed-restricted cattle. . 1997, 80, 563–568.

- Chung, Y., Rico, D., Martinez, C., Cassidy, T., Noiro, V., Ames, A., & Varga, G. (2007). Effects of Feeding Dry Glycerin to Early Postpartum Holstein Dairy Cows on Lactational Performance and Metabolic Profiles. *J. Dairy Sci.*, 90:5682–5691.
- Clauss, M., Hume, I. D., & Hummel, J. (2010). Evolutionary adaptations of ruminants and their potential relevance for modern production systems. *Animal*, 4, 979–992.
- Contreras, A. (2011). Lipid mobilization and inflammatory response during the transition period of dairy cows. *Journal of Animal Science*, 34:281-289.
- Correa, H. (2001). Consumo de materia seca durante el periodo de transición. *Curso de educación continuada.*, 3-15.
- Correa, H. (2004). La vaca en transición: metabolismo y manejo nutricional. Seminario Nacional de lechería especializada: Bases Nutricionales y su impacto en la productividad. *Eventos y Asesorías Agropecuarias* (págs. 141-152). Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Costa, A., & Dasso, L. (2007). Manejo de Bovinos en Sistemas Productivos: Caracterización de dos estilos de manejo y niveles sanguíneos de cortisol. *REDVET. Revista electrónica de Veterinaria*, 1695-7504.
- Crowe, M., & Williams, E. (2012). TRIENNIAL LACTATION SYMPOSIUM: Effects of stress on postpartum reproduction in dairy cows. *Journal of Animal Science*, 90:1722-1727.
- DeFraen, J. M. (2004). Feeding glycerol to transition dairy cows: Effects on blood metabolites and lactation performance. *J. Dairy Sci.*, 87:4195.
- Dijkstra, J., Ellis, J. L., Kebreab, E., Strathe, A. B., López, S., France, J., & Bannink, A. (2011). Ruminant pH regulation and nutritional consequences of low pH. *Anim. Feed Sci.*, 172, 22–33.
- Doepel, L., Lobley, G., Bernier, J., Dubreuil, P., & Lapierre, H. (2009). Differences in splanchnic metabolism between late gestation and early lactation dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 92 :3233–3243.
- Dominguez, C., Garmendia, J., & Martinez, N. (2007). Influencia de la época de parto, la condición corporal y la suplementación sobre la actividad ovárica postparto de vacas mestizas bajo pastoreo mixto en el norte del Estado Guárico. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 48:37-50.
- Douglas, G. N., Overton, T. R., Bateman, H. G., Dann, H. M., & Drackley, J. K. (2006). Prepartal plane of nutrition, regardless of dietary energy source, affects periparturient metabolism and dry matter intake in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 89:2141–2157.

- Duffield, T., Lissemore, K., McBride, B., & Leslie, K. (2009). Impact of hyperketonemia in early lactation dairy cows on health and production. . *Journal Dairy Science*, 92:571-580.
- FAO. (2005). *La ganadería de leche*. Santafé de Bogotá: Federación Colombiana de Ganaderos.
- Fenwick, M. (2008). Interrelationships between negative energy balance (NEB) and IGF regulation in liver of lactating dairy cows. . *Domestic Animal Endocrinology*, 34: 31–44.
- Formigoni, A. C. (1996). Effect of propylene glycol supplementation around parturition on milk yield, reproductive performance and some hormonal and metabolic characteristics in dairy cows. *J. Dairy Res*, 63:11-24.
- García, A. (2009). Alimentación preventiva de la vaca en transición. *Extension Extra*, 1-4.
- García, K. (2012). RESPUESTA A LA SUPLEMENTACION CON GRASA SOBREPASANTE EN VACAS MESTIZAS EN POSPARTO EN CONDICIONES DE TROPICO. *Tesis de Grado*.
- Goff, J. (1997). Physiological changes at parturition and their relationship to metabolic disorders. *Journal Dairy Science*.
- Goff, J. (2008). The monitoring, prevention, and treatment of milk fever and subclinical hypocalcemia in dairy cows. *The Veterinary Journal* , 176, 50-57.
- Grummer, R. R. (2008). Nutritional and management strategies for the prevention of fatty liver in dairy cattle. *The Veterinary Journal*, 10–20.
- Grummer, R. R., Mashek, D. G., & Hayirli, A. (2004). Dry matter intake and energy balance. *Vet Clin Food Anim*, 447–470.
- Guo, J., Peters, R., & Kohn, R. (2007). Effect of a transition diet on production performance and metabolism in periparturient dairy cows. *J Dairy Sci.*, 90:5247–5258.
- Hayirli, A., & Grummer, R. R. (2004). 2004. Factors affecting dry matter intake prepartum in relationship to etiology of peripartum lipid-related metabolic disorders. *J. Anim. Sci.*, 84:337-347.
- Herd, T. (2000). Ruminant adaptation to negative energy balance. Influences on the etiology of ketosis and fatty liver. *Vet Clin North Am: Food Anim Pract*, 16: 215-230.

- Hoedemaker, M. P. (2004). Peripartal propylene glycol supplementation and metabolism, animal health, fertility, and production in dairy cows. *J. Dairy Sci*, 87:2136–2145.
- Hoedemaker, M. P. (2004). Peripartal propylene glycol supplementation and metabolism, animal health, fertility, and production in dairy cows. *J. Dairy Sci*, 87:2136–2145.
- Holdridge, L. (1987). Ecología basada en zonas de vida. *Interamericano de Cooperación para la Agricultura*, 2016.
- Huzzey, J., Nydam, D., Grant, R., & Overton, T. (2011). Associations of prepartum plasma cortisol, haptoglobin, fecal cortisol metabolites, and nonesterified fatty acids with postpartum health status in Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 94:5878–5889.
- Jaurena, G. (2003). Effect of dry period protein nutrition on subsequent milk production from dairy cows. *University of Wales*.
- Kaneko, J. (2008). Carbohydrate metabolites and its diseases. En J. H. J. Kaneko, *Clinical Biochemistry of Domestic Animal* (págs. 46-80). San Diego-California: Kaneko, J; Harvey, J; Bruss, M.
- Kim, I.-H., & Suh, G.-H. (2003). Effect of the amount of body condition loss from the dry to near calving periods on the subsequent body condition change, occurrence of postpartum diseases, metabolic parameters and reproductive performance in Holstein dairy cows. *Theriogenology*, 60: 1445–1456.
- Kristensen, N., & Raun, M. (2007). Ruminant and intermediary metabolism of propylene glycol in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 90: 4707–4717.
- Kronqvist, C., Emanuelson, U., Sporndly, R., & Holtenius, K. (2011). Effects of prepartum dietary calcium level on calcium and magnesium metabolism in periparturient dairy cows. *J Dairy Sci.*, 9: 1365-1373.
- LeBlanc, S. L. (2005). Metabolic predictors of displaced abomasum in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 88, 159-170.
- Lien, T. F., Chang, L. B., Hong, Y. M., & Wu, C. P. (2010). Effects of propylene glycol on milk production, serum metabolites, and reproductive performance during the transition period of dairy cows. *J. Anim. Sci*, 23:372–378.
- Lippolis, J., Peterson-Burch, B., & Reinhardt, T. (2006). Differential expression analysis of proteins from neutrophils in the periparturient period and neutrophils from dexamethasone-treated dairy cows. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 111: 149-164.

- Liu, Q., Wang, C., Yang, W., Zhang, W., Yang, X., He, D., . . . Huang, Y. (2009). Effects of feeding propylene glycol on dry matter intake, lactation performance, energy balance. *Animal*, 3:1420–1427.
- Macrae, A. W. (2006). Use of metabolic profiles for the assessment of dietary adequacy in UK dairy herds. *Vet Rec.*, 155: 655-661.
- Mahecha, L. (2002). Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad. . *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 15:2.
- Mantovani, R. S. (2010). Oxidative stress indicators and metabolic adaptations in response to the omission of the dry period in dairy cows. . *J. Dairy Res*, 77, 273–279.
- Martens, H., Rabbani, I., Shen, Z., Stumpff, F., & Deiner, C. (2011). Changes in rumen absorption processes during transition. *Anim. Feed Sci.* , 172, 95–102.
- Martinez, N., Risco, C., Lima, F., Bisinotto, R., Greco, L., Ribeiro, E., . . . Santos, J. (2012). Evaluation of peripartal calcium status, energetic profile, and neutrophil function in dairy cows at low or high risk of developing uterine disease . *J. Dairy Sci.* , 95 :7158–7172.
- McArt, J. A., Nydam, D. V., & R., G. (2012). Epidemiology of subclinical ketosis in early lactation dairy cattle. . *J. Dairy Sci.*, 95:5056–5066.
- McNamara, S. (2003). Effects of different transition diets on energy balance, blood metabolites and reproductive performance in dairy cows. . *Livestock Production Science*, 84:195-206.
- Meikle, A., Adrienb, D. L., & Mattiaudac, D. A. (2013). Effect of sward condition on metabolic endocrinology during the early postpartum period in primiparous grazing dairy cows and its association with productive and reproductive performance. *Animal Feed Science and Technology.*, 139–147.
- Miyoshi, S., Pate, J., & Palmquist, D. (2001). Propylene glycol for dairy cows A review of the metabolism of propylene glycol and its effects on physiological parameters, feed intake, milk production and risk of ketosis. *Anim. Reprod. Sci.*, 68:29-43. .
- Moore, C. E., Kay, J. K., VanBaale, M. J., & Baumgard, L. H. (2005). Calculating and improving energy balance during times of nutrient limitation. *Proc. Southwest Nutr.*, 173-185.
- Morales, C. &. (2005). Hormonas tiroideas en la reproducción y en la producción láctea del ganado lechero: revisión de literatura. *Rev Col Cienc Pec* , Vol. 18:2.

- Mulligan, F., Grady, L., Gath, V., Rice, D., & Doherty, M. (2008). Nutrition and fertility in dairy cows. *Irish Veterinary Journal*, 60(5):311- 316.
- Nielsen, N., & Ingvarsen, K. (2004). Propylene glycol for dairy cows a review of the metabolism of propylene glycol and its effects on physiological parameter, feed intake, milk production and risk of ketosis. *J Dairy Sci*, 115:191-213.
- Nikolic, J. K. (2003). Periparturient endocrine and metabolic changes in healthy cows and in cows affected by mastitis. *Journal of Veterinary Medicine*, 22-29.
- Nikolic, J., Kulcsár, M., & Kátai, L. (2003). Periparturient endocrine and metabolic changes in healthy cows and in cows affected by mastitis. *Journal of Veterinary Medicine*, 22-29.
- NRC. (2001). Nutrient requirements of dairy cattle. 7. ed. pp 381. *Washington: National Academy Press*, 381.
- Osman, M. A. (2008). Acute metabolic responses of postpartal dairy cows to subcutaneous glucagon injections, oral glycerol or both. *J. Dairy Sci*, 91:3311–3322.
- Ospina, P., Nydam, D., Stokol, T., & Overton, T. (2010). Association between the proportion of sampled transition cows with increased nonesterified fatty acids and betahydroxybutyrate and disease incidence, pregnancy rate, and milk production at the herd level. *Journal of Dairy Science*, 93, 3595-3601.
- Overton, T., & Waldron, M. (2004). Nutritional management of transition dairy cows: Strategies to optimize metabolic health. *J Anim Sci*, 87 (E. Suppl.): E105-E119.
- País, R. (02 de Sep de 2013). 'Producir un litro de leche vale \$800'. *EL TIEMPO*.
- Polakova, K., Kudrna, V., Kodes, A., Hucko, B., & Mudrik, Z. (2010). Non structural carbohydrates in the nutrition of high- yielding dairy cows during a transition period. *J Anim Sci*, 55: 468-478.
- Pushpakumara, J. (2003). Relationships between transition period diet, metabolic parameters and fertility in lactating dairy cows. *Theriogenology*, 60:1164-1168.
- Rafia, S. e. (2011). Effect of body condition score on dynamics of hemogram in periparturient Holstein cows. *Comparative Clinical Pathology*, 1-11.
- Rizos, D., Kenny, D., Griffin, W., Quinn, K., Duffy, P., Mulligan, F., . . . Lonergan, P. (2008). The effect of feeding propylene glycol to dairy cows during the early postpartum period on follicular dynamics and on metabolic parameters related to fertility. *Theriogenology*, 688–699.

- Roberts, T. C. (2012). Metabolic parameters in transition cows as indicators for early-lactation culling risk. . *J. Dairy Sci*, 95:3057–3063.
- Roche, J. (2011). Transition cow feeding and management on pasture systems. *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 464-469.
- Roche, J. R., Kay, J. K., Phyn, C. V., Meier, S., Lee, J. M., & Burke, C. M. (2010). Dietary structural to nonfiber carbohydrate concentration during the transition period in grazing dairy cows. . *J. Dairy Sci.* , 93: 3671–3683. .
- Rollin, E. B. (2010). The effect of injectable butaphosphan and cyanocobalamin on postpartum serum  $\beta$ -hydroxybutyrate, calcium, and phosphorus concentrations in dairy cattle. *J. Dairy Sci*, 93:978–987.
- Ruginosu, E., Creanga, S., Sofronie, M., Anton, A., & Solcan, G. (2010). The hematologic profile of cattle with reproductive diseases. *Cercetări Agronomice în Moldova*, Vol. XLIII , No. 2 (142).
- Salgado, E., Bouda, J., Avila, J., & Navarro, J. (2009). Efecto de la administracion de sales de calcio y precursores de glucosa sobre calcio serico y cuerpos cetonicos en vacas lecheras posparto. *Vet. Mex*, 17-26.
- Seifi, H. G.-D.-N. (2007). Variations of energy-related biochemical metabolites during transition period in dairy cows. *Compendium of Clinical Pathology*, 16, 253–258.
- Stalling, C. (1999). *Transition Cow Nutrition*. Recuperado el 20 de Marzo de 2013, de Feed and Nutritional Management Cow College: [www.dasc.vet.edu/nutrition](http://www.dasc.vet.edu/nutrition)
- Stephenson, K. A. (1997). Effects of monensin on the metabolism of periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci*, 80:830–837.
- Strieder, C. C. (2014). INDICADORES ENERGÉTICOS DE VACAS LECHERAS A PASTOREO EN PERÍODO DE TRANSICIÓN Y LACTANCIA TEMPRANA CON ALTA O MODERADA CONDICIÓN CORPORAL PREPARTO. *Revista Científica, FCV-LUZ*, 1, 73-82.
- Studer, V., Grummer, R., & Bertics, S. (1993). Effect of Prepartum Propylene Glycol Administration on Periparturient Fatty Liver In Dairy Cows. *J Dairy Sci* , 76:2931-2939.
- Tiirats, T. (1997). Thyroxine, triiodothyronine and reversetriiodothyronine concentrations in blood plasma in relation to lactational stage, milk yield, energy and dietary protein intake in Estonian dairy cows. *Acta Vet Scand*, 38: 339-48.

- Trevisi, E., Amadori, M., Cogrossi, S., Razzuol, E., & Bertoni, G. (2012). Metabolic stress and inflammatory response in high-yielding, periparturient dairy cows. *Veterinary Science*, 695-704.
- Turk, R. J.-R. (2004). Serum paraoxonase activity and lipid parameters in the early postpartum period of dairy cows. *Res. Vet. Sci*, 76, 57–61.
- Wang, C., Liu, Q., Yang, W., Huo, W., Dong, K., Huang, Y., . . . He, D. (2009). Effects of glycerol on lactation performance, energy balance and metabolites in early lactation Holstein dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol*, 151:12–20.
- Wathes, D., Cheng, Z., & Chowdhury, W. (2009). Negative energy balance alters global gene expression and immune responses in the uterus of postpartum dairy cows. 39 1–13. *Physiological Genomics*, 39:1–13.
- Wathes, D., Fenwick, M., Cheng, Z., Bourne, N., & Llewellyn, S. (2007). Influence of negative energy balance on cyclicity and fertility in the high producing dairy cow. *Theriogenology*, 68 Suppl 1:S232–41.
- Wattiaux, M. (1999). *Preñez y parto En Reproducción y Selección Genética*. Recuperado el 20 de 03 de 2015, de <http://babcock.wisc.edu/node/163>