

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS



Uso de la administración de un precursor glucogénico durante el periodo de transición y su efecto en parámetros reproductivos en vacas Holstein

Por:

**MARÍA FERNANDA SÁNCHEZ CONTRERAS**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Torreón, Coahuila, México  
Enero 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

Uso de la administración de un precursor glucogénico durante el periodo de transición y su efecto en parámetros reproductivos en vacas Holstein

Por:


**MARÍA FERNANDA SÁNCHEZ CONTRERAS**

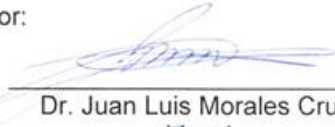
TESIS


Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

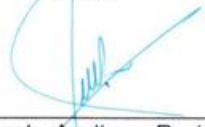
**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Aprobada por:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Oscar Ángel García  
Presidente


  
\_\_\_\_\_  
Dr. Juan Luis Morales Cruz  
Vocal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Juan Manuel Guillen Muñoz  
Vocal

  
\_\_\_\_\_  
MC. Gerardo Arellano Rodríguez  
Vocal Suplente

  
\_\_\_\_\_  
MC. J. GUADALUPE RODRÍGUEZ MARTÍNEZ  
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México  
Enero 2019

  
Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

Uso de la administración de un precursor glucogénico durante el periodo de transición y su efecto en parámetros reproductivos en vacas Holstein

Por:


**MARÍA FERNANDA SÁNCHEZ CONTRERAS**


TESIS


Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:


  
\_\_\_\_\_  
Dr. Oscar Ángel García  
Asesor Principal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Juan Manuel Guillen Muñoz  
Co-asesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Juan Luis Morales Cruz  
Co-asesor

  
\_\_\_\_\_  
MC. J. GUADALUPE RODRÍGUEZ MARTÍNEZ  
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México  
Enero 2019

  
Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal

## AGRADECIMIENTOS

**A mi Alma Mater** por aceptarme ser parte de ella, darme formación como un profesionalista y siempre estaré agradecida.

**A mis hermanos**, Estafany, Andrés y Jorge por ser parte de mi familia, darme su apoyo incondicional y siempre confiar en mí.

**A mis queridas amigas Narro**, Marlen, Mariana, Xochitl y Myrna por estar conmigo estos 5 años de carrera, brindarme su apoyo, regañarme, quererme, motivarme, por ser compañeras, colegas, amigas y familia, siempre estaré agradecida con ustedes por formar un lazo de amistad.

**Al Dr. Oscar Ángel García**, gracias brindarme todo su apoyo, permitirme ser parte de este proyecto, siempre estaré agradecida por su amistad, por los consejos recibidos y por siempre tenerme la atención durante la realización de mi tesis de titulación a pesar de que lo molestaba mucho. Gracias Doc.

**A mis asesores**, Dr. Juan Luis Morales Cruz y Dr. Juan Manuel Guillen Muñoz por permitirme ser parte de este proyecto, brindarme todo su apoyo y los consejos recibidos.

**A mis mejores amigas**, Laura y Diana gracias por tantos años de amistad, siempre apoyarme, guiarme, quererme, motivarme y aceptarme, no tengo palabras para agradecer por todo lo que me han brindado, amigas, hermanas, familia, por siempre y para siempre.

**A David Cruz**, gracias por brindarme tu apoyo y amistad, tus palabras de aliento, motivarme a terminar mi tesis, regaños y buenos consejos.

**Al Dr. Rubén Anguiano Estrella**, por enseñarme a jamás rendirme, motivarme a siempre aprender más, no desistir y sobretodo apoyarme al concluir mi tesis, es un honor tener su amistad.

## DEDICATORIA

**A mi padre** MVZ. Gerardo Sánchez Ramírez, con mucho cariño, con días desvelo, cansada, desbastada, con ganas de rendirme pero siempre tú, con tus palabras de aliento y motivarme a finalizar mi tesis, que todos estos años de trabajo por siempre darme la mejor educación posible para lograr verme como una profesionista ha valido la pena y serán concluidos pronto, que estés tan orgulloso como lo estoy de mi misma. Gracias por todo tu esfuerzo, por jamás rendirte, trabajar arduamente por nunca verme carecer, darme lo justo que necesitaba, apoyarme en mis sueños y metas, quererme, darme consejos pero también regañarme, enojarte por mis malas decisiones pero aun así queriéndome como hija. Esto es por ti Papá, gracias.

**A mi madre** Cecilia Contreras Ortiz, es un orgullo que seas mi madre y esperó esté muy orgullosa de mi como yo lo estoy, es por eso que te dedico mi tesis de titulación, gracias por todos los sacrificios que has dado por mí, jamás rendirte, trabajar arduamente por ser mejor persona día con día, formarme como hija, humano y profesionista, apoyarme y motivarme aunque a veces pienses que fracasare, por confiar ciegamente en mí y saber que ser la mejor profesionista, por quererme y amarme, es inigualable el amor de una madre y es por eso que esto es por ti Madre. Gracias.

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la suplementación de un precursor glucogénico (1-2 propanodiol más propionato de calcio) durante el periodo de transición disminuye la incidencia de enfermedades reproductivas en vacas altas productoras durante el inicio de la lactancia. Las vacas se dividieron en dos grupos homogéneos respecto al número de lactancias, y condición corporal. A un primer grupo (GG; n=112) se les administro 60 g/vaca/día de precursor glucogénico durante 15 días en el periodo de transición, el cual fue adicionado en la dieta. Mientras que a un segundo (GC; n=90;) no se le administro ningún tratamiento. Se determinaron las concentraciones (med±eem) de ácidos grasos no esterificados (AGNES), al igual que las concentraciones de beta-hidroxibutirato (BHB) de ambos grupos al momento del parto, 7, 14 y 21 días posparto, además se determinó la incidencia de enfermedades reproductivas. Los niveles de BHB (GG= 0.9±0.2 mmol/L vs GC=1.3±0.2 mmol/L; P<0.05), y AGNES (GG= 0.6±0.1 mEq/L vs GC=0.8±0.1 mEq/L; P<0.05) posparto fueron más altos en el GC que en el GG. Igualmente el GC (23%) tuvo mayor porcentaje de hembras con retención de membranas fetales que el GG (GG=13%; P≤0.06). Mientras que no existió diferencia en la incidencia en metritis, distocia y aborto entre grupos (P>0.05). Los resultados del presente estudio demuestran que la administración del precursor glucogénico durante el periodo de transición tuvo un efecto positivo al reducir los niveles en sangre de BHB y AGNES durante las primeras tres semanas de inicio de lactancia, además redujo el porcentaje de retención de membranas fetales en las vacas tratadas con el precursor glucogénico, en conclusión la administración de un precursor glucogénico durante el periodo de transición puede ser una alternativa para para mejorar la eficiencia reproductiva del hato lechero.

**Palabras clave:** BHB, AGNES, BEN, Retención de membranas fetales, Posparto

## ÍNDICE GENERAL

	Página
AGRADECIMIENTO.....	i
DEDECATORIA.....	ii
RESUMEN.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS.....	v
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Periodo de seco.....	3
2.2. Importancia del periodo de transición de la vaca lechera.....	4
2.2.1. Periodo preparto.....	5
2.2.2. Periodo posparto.....	6
2.4. Metabolismo energético en la vaca lechera.....	7
2.4.1. Balance energético negativo en la vaca lechera.....	8
2.4.2. Precusores de energía para minimizar el BEN.....	9
2.5. Enfermedades reproductivas posparto en el ganado lechero...	11
2.6. Otras enfermedades asociadas al BEN.....	15
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
3.1 Localización del área de estudio .....	18
3.2 Animales y su manejo.....	18
3.3 Manejo de salud.....	18
3.4 Manejo reproductivo.....	19
3.5 Diseño experimental.....	19
3.6 Variables a analizar.....	20
3.6.1 Ácidos grasos y betahidroxibutirato.....	20
3.6.2 Enfermedades reproductivas.....	20
3.7 Análisis estadísticos.....	21

IV. RESULTADOS.....	22
V. DISCUSIÓN.....	25
VI. CONCLUSIONES.....	27
VII. LITERATURA CITADA.....	28



## CUADROS Y FIGURAS

<b>No.</b>	<b>TÍTULO DE FIGURAS</b>	<b>Pag.</b>
<b>1</b>	Interacción entre nutrición, metabolismo y reproducción.	<b>12</b>
<b>1</b>	Niveles de BHB y AGNES en sangre (media $\pm$ eeem) posparto de vacas con alta producción lechera tratadas (GG) y no tratadas (GC) con un precursor de glucosa durante 15 días en el periodo de transición.	<b>23</b>
<b>No.</b>	<b>TÍTULO DE CUADROS</b>	
<b>1</b>	Porcentaje de enfermedades reproductivas posparto de vacas con alta producción lechera tratadas (GG) y no tratadas (GC) con un precursor de glucosa durante 15 en el periodo de transición	<b>24</b>

## I.INTRODUCCIÓN

La producción lechera en México, así como en la Comarca Lagunera, enfrenta problemáticas desafiantes durante el periodo de transición (Rodríguez *et al.*, 2018). Se denomina como periodo de transición a un espacio de tiempo que transcurre durante las tres semanas previas al parto hasta las tres semanas después postparto. Este periodo de tiempo se va caracterizar por cambios endocrinos necesarios para llevar a cabo el parto y el inicio de la lactancia (Correa, 2004). Durante las primeras semanas de lactancia, las vacas con una alta producción lechera, experimentan un balance energético negativo (BEN), por el alto gasto de energía debido a una mala adaptación durante el periodo de transición y al bajo consumo de materia seca al inicio de la lactancia (González *et al.*, 2011).

Lo anterior, puede provocar una alta movilización de lípidos hepáticos, incrementado los niveles plasmáticos de ácidos grasos no esterificados (AGNES) y de betahidroxibutirato (BHB), considerados como indicadores sensitivos del BEN (Oetzel, 2004; Suthar *et al.*, 2013). Las alteraciones de tipo metabólico y reproductivo, además del aumento progresivo de la producción láctea hacia el pico de lactancia, se suma la involución uterina, el retorno a la ciclicidad (Block y Sánchez, 2012). Los desórdenes metabólicos durante el posparto temprano se asocian con retrasos en el reinicio de la actividad ovárica o retraso en la involución uterina alterándose la dinámica folicular posparto que genera un impacto negativo por el deterioro de los índices reproductivos de importancia (Domínguez *et al.*, 2008).

La estimación de la condición corporal de las vacas lecheras es utilizada como indicador de la cantidad de reservas energéticas almacenadas y permite prever producción de leche, eficiencia reproductiva, reducir enfermedades metabólicas al inicio de lactancia (Correa, 2004). El ciclo reproductivo de una vaca lechera tiene etapas de requerimientos especiales cuyos manejos pueden desencadenar efectos residuales positivos o negativos de magnitud, siendo la etapa de transición a la lactancia es una de ellas (Butler, 2003). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar las concentraciones en sangre de indicadores del BEN (AGNES y BHB) y la incidencia de enfermedades reproductivas durante el inicio de lactancia en vacas tratadas y no tratadas con un precursor glucogénico el periodo de transición de vacas con alta producción lechera.

## II.- REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Periodo seco

El periodo seco de la vaca abarca hasta las 3 semanas antes del parto y se estima que este debe tener una duración mínima de 60 días para garantizar la regeneración de la glándula mamaria, buena producción de calostro (Hayirli *et al.*, 2002). Muchas vacas presentan una disminución en la producción de leche o se secan espontáneamente, pero con vacas persistentes en la producción se tiene que usar métodos artificiales para terminar la lactancia. Para introducir el secado de la vaca se implementa programas de alimentación restringida donde se ofrece raciones con bajo nivel de energía y alto de fibra (Báez y Grajales, 2009).

Dentro de los principales problemas que se presentan el inicio de cascada de trastornos metabólicos y nutricionales, en la el cual radica el manejo de la vaca al inicio del periodo seco. Normalmente las vacas de alta producción deben ser secadas utilizando varios métodos, el primero es reducir la producción láctea por medio del retiro de los suplementos concentrados. En comparación con otras fases del ciclo de la lactancia, las vacas al inicio de la lactancia están propensas a un mayor riesgo de presentar enfermedades metabólicas y debe además del soportar un periodo de BEN provocado por una reducción de la ingesta de materia seca y al aumento de la producción de leche (Duffield *et al.*, 2009).

El bajo consumo de MS es la principal deficiencia de energía, a partir de la MS se forman los ácidos grasos volátiles que constituyen hasta el 60 por ciento de las fuentes energéticas. Al reducir la síntesis de AGV, el animal entra en un estado de déficit de precursores glucogénicos. El organismo realiza una movilización de ácidos

grasos para la compensación energética. Los ácidos grasos son llevados hasta Acetil-CoA, este es convertido por el hígado en cuerpos cetónicos (Campos y Hernández, 2008).

Por otra parte, las vacas que experimenta un BEN tienen niveles de BHB altos (McArt *et al.*, 2012), lo anterior es debido a la alta producción de leche de las vacas durante el inicio de la lactancia, aumentan sus necesidades de glucosa para producción de lactosa, y se conoce que la falta de esta, provoca que el animal movilice sustratos glucogénicos que dan origen a cuerpos cetónicos (Aschenbach *et al.*, 2010). En efecto, las concentraciones plasmáticas de glucosa, los AGNES y BHB son medidas bien establecidas que nos indican el estado glucogénico y cetogénico de las vacas en el periparto (Bjerre-Harpøth *et al.*, 2016).

## 2.2. Importancia del periodo de transición de la vaca lechera

El periodo de transición se define como el tiempo que transcurre desde las tres semanas antes y hasta las tres semanas después del parto (Mulligan y Doherty, 2008). Este corto periodo de tiempo se va caracterizar por cambios endocrinos necesarios para poder llevar a cabo el parto y el inicio de la lactancia (Correa, 2001). Además están relacionadas con el estado nutricional del animal el cual apoya antes del parto al crecimiento fetal y después del parto a la involución uterina. Durante este periodo se experimenta eventos estresantes (Neave *et al.*, 20017). La capacidad de la vaca para manejar la ingesta y demanda de energía durante este periodo, se convierte en uno de los factores más importantes que contribuye al éxito o fracaso de la lactancia (González *et al.*, 2011; Hostens *et al.*, 2012).

La transición de las vacas lecheras durante el periodo seco, el parto y el inicio de la lactancia es un momento crítico y es un factor determinante del éxito en la salud y el rendimiento de la vaca durante toda la lactancia (Duffield *et al.*, 2009). En este periodo se genera las principales alteraciones productivas y patológicas de la vaca lechera como la retención de membranas fetales, mastitis, metritis, la reducción de la producción y rendimiento reproductivo disminuido (Calsamiglia y Ferret 2002).

### 2.2.1. Periodo preparto

En este periodo los cambios antes descritos, continúan presentándose pero de una forma más crítica, ya que al acercarse el parto y luego del mismo, la incidencia de desórdenes tales como hipocalcemia, retención de membranas fetales, cetosis, mastitis y desplazamiento de abomaso, están muy asociados con el manejo y la alimentación de la vaca durante este periodo (Hostens *et al.*, 20012). El objetivo es lograr la adaptación de papilas a nueva dieta de lactancia, el mantenimiento del nivel de calcio, y el fortalecimiento del sistema inmunitario, adicionalmente durante este periodo crítico de la transición de la vaca lechera, además, el mantenimiento del nivel de energía en la dieta y el control sobre el consumo de MS (Hostens *et al.*, 2012). Normalmente las vacas próximas al parto experimentan una disminución en el consumo de materia seca, condición que empeora cuando las mismas son trasladadas a potreros con forrajes de baja calidad. Es por esto, que una de las principales recomendaciones es que la dieta que se suministre en este periodo tenga características similares a las que tendrá la dieta posparto (Duffield *et al.*, 2009; Aschenbach *et al.*, 2010; Bjerre-Harpøth *et al.*, 2016).

### 2.2.2. Periodo posparto

El periodo posparto inicia después del parto y se prolonga por tres semanas más; en este periodo se presenta la involución uterina, desprendimiento de la placenta, crecimiento y diferenciación folicular (Ptaszynska, 2006). Durante las primeras dos semanas se manifiestan alteraciones de tipo metabólico, nutricional, alimenticio, sanitario y productivo como resultado de una deficiente manejo durante el periodo seco (Correa, 2011). La disminución de consumo de MS que agudiza el efecto del BEN característico de los primeros estadios del postparto (González *et al.*, 20110).

En cuanto a niveles de metabolitos es necesario considerar el cambio radical en los niveles séricos de AGNES, los cuales después de un aumento importante semanas antes del parto. Mientras que el preparto los niveles de los AGNES estaban relacionados con alta incidencia de cetosis, desplazamiento de abomaso y retención de membranas fetales (Block y Sánchez, 2000). En el parto y postparto temprano, se indica desde el primer días después del parto, se observa sintomatología del hígado graso y que dicho hígado graso precede e induce la aparición de cetosis lo cual puede sugerir que hígado esta propenso al aumento de la esterificación de AGNES y la deposición de triglicéridos (Bjerre-Harpøth *et al.*, 2016).

#### 2.4. Metabolismo energético en la vaca lechera

Durante el primer parto, las vacas presentan una dificultad mayor para recuperarse del BEN, se puede observar a través de perfiles metabólicos y endocrinos más desbalanceados e índices reproductivos. En la fase de la lactancia normalmente se dan procesos catabólicos, dependiendo de la severidad del déficit energético, sumado al estrés de la primera lactancia y a la disminución en el consumo de MS, agravan permanentemente los cuadros de balance energético negativo (Galvis y Correa, 2002).

Los rumiantes son herbívoros caracterizados por tener un proceso de digestión fermentativo microbiano. Los microorganismos hacen uso de los carbohidratos estructurales (celulosa, hemicelulosa) y de los carbohidratos no estructurales como son los almidones y azúcares. Estos carbohidratos junto con el nitrógeno no proteico y proteína verdadera del forraje les permite a los microorganismos proliferar y producir AGV como el acetato y butirato que son precursor glucogénico. La tasa de producción de propionato y otros AGV está directamente relacionada con el consumo del sustrato fermentable donde la síntesis del propionato es especialmente favorecida por la fermentación de los almidones por las bacterias amilolíticas (Duque *et al.*, 2011).



#### 2.4.1. Balance energético negativo (BEN) en la vaca lechera

El BEN es el periodo metabólico que se caracteriza por la deficiencia de energía consumida frente a la energía requerida. Este estado se inicia antes del parto, y es producido por la reducción del consumo de MS en las últimas semanas de gestación, acompañado por el aumento de demanda de nutrientes por parte del feto (Gummer, 2011). El BEN es esencialmente universal en las vacas lecheras durante las primeras semanas de lactación, resultado que la mayoría de ellas lo soporta sin desarrollar enfermedades peripartales durante el intento de adaptar su metabolismo al BEN (Bruss, 2008).

El bienestar de las vacas, así como el beneficio obtenido de ellas podrían mejorarse sustancialmente, si se conociera mejor los factores que desencadenan la alta incidencia de enfermedades durante el parto de la vaca lechera (Gómez, 2015). Al inicio de la lactancia, dada las crecientes necesidades nutricionales por parte de la glándula mamaria, los cambios hormonales y la disminución del consumo de alimento, las vacas de alta producción entran en un estado de BEN que acompañado de una gran movilización de AGNES desde el tejido adiposo hacia el hígado y hacia el resto de los tejidos para satisfacer las demandas energéticas (Duffiel *et al.*, 2009).

El principal problema del balance energético negativo en vacas postparto, que ocurre durante la lactancia temprana, demora el tiempo hasta la primera ovulación y causa otras secuelas que tienen consecuencias negativas sobre la fertilidad durante el periodo de la inseminación. Entonces el manejo nutricional de la vaca en el

período de transición tiene un papel crucial en el incremento de la eficiencia reproductiva (Ninabanda, 2018).

#### 2.4.2. Precursores de energía para minimizar el BEN

En el periodo de transición se recomienda para mejorar el BEN el suministro de precursores de glucosa para las vacas altas productoras, ya que reponen sus reservas de los intermediarios del ciclo de Krebs. Se incrementa la glucemia y las concentraciones de insulina, reducen la movilización lipídica, concentraciones de AGNES y acumulo de triglicéridos en el hígado. 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 *et al.*, 2010).

El propilenglicol es uno de los precursores gluconeogénicos más ampliamente utilizados en vacas lecheras desde el parto hasta los 21 días posparto (Noro y Barboza, 2012). Se ha comprobado que el propilenglicol reduce las concentraciones sanguíneas de los AGNES y los BHB, aumenta la glucosa sanguínea (Grummer *et al.*, 2004). El propilenglicol realiza un metabolismo similar al propionato y 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 *et al.*, 2010).

El propionato de calcio es otra de las alternativas utilizadas para la reducción de la movilización de grasas y el BEN, además utilizado dentro de las 12 horas después del parto ayuda a reducir la hipocalcemia subclínica. El propionato de calcio aumenta la producción de leche, tiene un efecto gluconeogénico importante como ácido graso volátil en el rumen y puede disminuir los niveles de BHB y AGNES durante los primeros dos días después del parto, aunque puede atenuar los síntomas del BEN por incremento de glucosa que produce, también tiene un efecto significativo en la reducción de cetosis subclínica (Kara *et al.*, 2009).

La niacina es una vitamina del complejo B (B3) que se ha utilizado en la alimentación de vacas lecheras como cofactor en la prevención de los desbalances metabólicos energéticos y mantención del desempeño productivo. La niacina interfiere en el proceso de movilización lipídica, contribuyendo para la prevención de cetosis (Ghorbani, Vahdani y Zerehdaran, 2008). Los ionóforos son aditivos alimentarios usados para incrementar la eficiencia digestible en el rumen, a través de cambios en la fermentación, metabolismo. La monesina sódica, es responsable por reducciones de trastornos ruminales como la acidosis láctica, por controlar las bacterias gram positivas, disminuye AGNES y BHB así mismo la cetosis clínica y subclínica, debido a su incremento de la ingesta de MS y a la mayor producción de propionato ruminal (Niehoff, Hüther y Lebzien, 2008).

## 2.5. Enfermedades reproductivas postparto en el ganado lechero

Después del parto, la vaca experimenta un periodo de altos requerimientos energético relacionados con la producción de leche y asociados a una ingesta insuficiente de alimento. Esta situación produce un BEN, que lleva a cambios metabólicos y hormonales, que alteran el sistema inmune de las vacas durante el periodo de transición. Esta inmunosupresión inicia tres semanas antes del parto, es máxima al parto y continua durante tres o cuatro semanas postparto. La inmunidad innata de los neutrófilos es la respuesta primaria en el útero y es la principal afectada. La inflamación y la infección del endometrio retrasa la involución uterina normal; esta es la causa principal de alteraciones en los índices reproductivos (Konigsson *et al.*, 2008).

Para adaptarse al BEN, las vacas movilizan desde sus reservas energéticas tejido adiposo, triglicéridos que circulan en la sangre como AGNES. Los AGNES circulantes pueden ser utilizados directamente con una fuente energética, metabolizados en el hígado a cuerpos cetónicos o convertidos de nuevo en triglicéridos; cuando el hígado está abrumado por AGNES, los cuerpos cetónicos se producen en exceso. La vaca sufre desordenes metabólicos o infecciosos, entre los cuales se puede mencionar retención de membranas fetales, metritis, endometritis, cetosis, hipocalcemia y mastitis (Herdt, 2000).

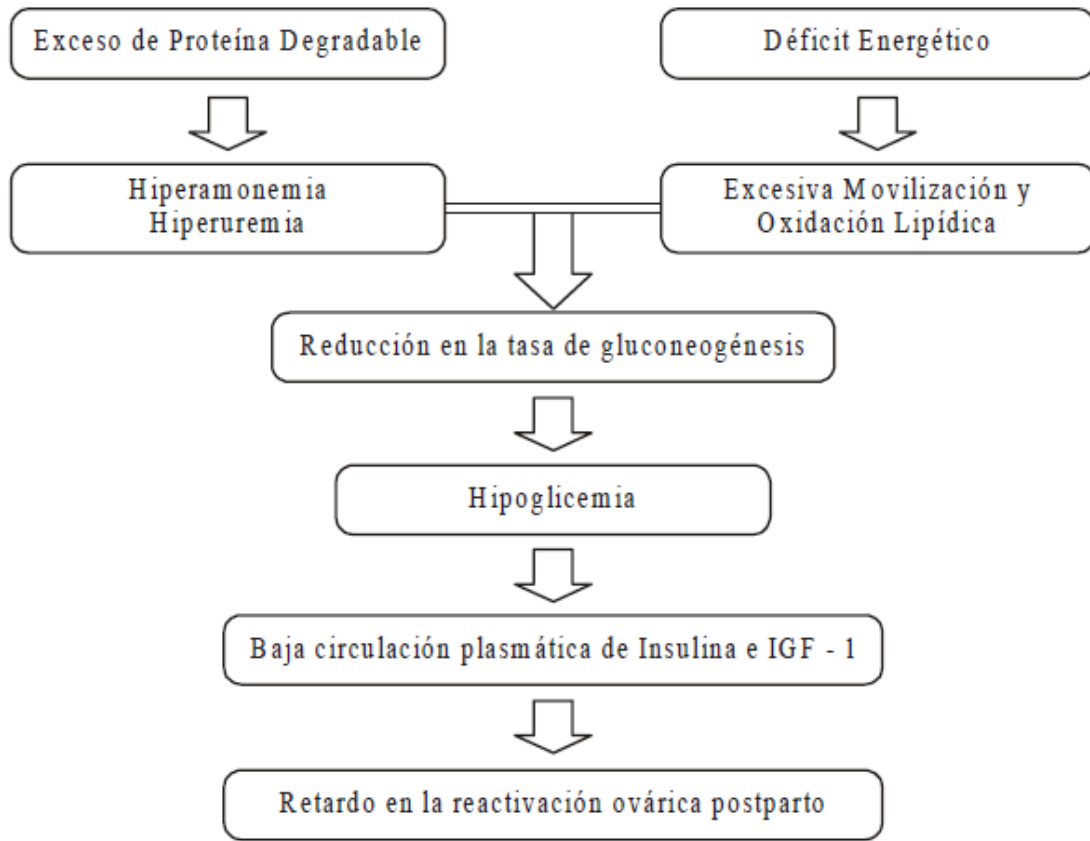


Figura 1. Interacción entre nutrición, metabolismo y reproducción. (Tomado de Galvis y Correa, 2002).

### 2.5.1. Retención de membranas fetales

La retención de membranas fetales se define como una falla en la expulsión de las membranas fetales durante las primeras horas postparto. Si ocurre una RMF, estas son retenidas en promedio 7 días. La RMF es producida por una alteración en la ruptura de la unión cotiledón-carúncula después del parto. Se reconoce múltiples factores que pueden provocar la RMF: deficiencia de vitamina A, deficiencia de minerales (Calcio, Magnesio, fosforo) y desbalance energético. A partir de la demora en la eliminación de las membranas fetales se desencadena una serie de problemas

a diversos niveles que inducen un cuadro patológico de mayor o menos gravedad. Debido a estos tiempos podemos clasificar como placenta demorada toda placenta que no es eliminada a partir de las 12 horas y placenta retenida cuando no es eliminada a partir de las 24 horas posparto (Sheldon *et al.*, 2008).

El bajo consumo de energía, la baja producción de glucosa hacen que no se sintetice el colesterol y disminuya la producción de estrógenos, ya que no habrá excedentes energéticos que pueden sintetizar el precursor de la hormona esteroidea, misma que la placenta segrega ocurriendo una atonía uterina donde no habrá contractilidad del útero a la hora del parto dando como consecuencia una retención de membranas fetales inmediata al estrés del parto bajo un severo BEN (Campos y Hernández, 2008). La RMF se considera el factor más importante que favorece la presentación de metritis; se produce un retraso en la eliminación de la contaminación uterina, además la extracción forzada de los restos placentarios puede producir daño en el epitelio uterino desencadenando una endometritis crónica (García *et al.*, 2004).

#### 2.5.2. Metritis

La metritis se define como la inflamación que involucra todo el espesor de la pared uterina, debido a causas sépticas o asépticas que actúan sobre él (Mellado *et al.*, 2018). Son afecciones de gran importancia, se pueden dividir según su carácter anatómico como catarral, purulento, hemorrágico, etc. Según su curso, en agudas y crónicas. Es una enfermedad que ocurre principalmente dentro de los 10 a 14 días postparto pero puede presentarse durante los primeros 21 días postparto. Se caracteriza por una descarga vaginal acuosa de color marrón rojizo, olor fétido y con

signos como fiebre, anorexia y disminución de la producción láctea. Se ha asociado a casos de distocia, mellizos, RMF, abortos y prolapso uterino (Sheldon *et al.*, 2006).

### 2.5.3. Endometritis

El comportamiento reproductivo de las vacas lecheras después del parto depende de una adecuada involución uterina y, por lo tanto, del estado de salud del útero finalizando por el periodo de espera voluntario. La endometritis se define como la inflamación del endometrio sin signos sistémicos, que ocurre a los 21 días postparto; se observa una descarga uterina mucopurulenta o purulenta, debido a la infección bacteriana crónica. Dentro de los factores de riesgo para la presentación de endometritis se encuentran los casos de RMF, hipocalcemia, distocias (LeBlanc, 2008). Además, los autores Tous, Ríos y Mattar (2007) mencionan que asociada con una involución uterina deficiente que tiene un efecto negativo que altera los índices reproductivos. Estas afecciones perjudican la eficiencia reproductiva del hato al provocar alteraciones en los índices reproductivos, tales como servicios por concepción, tasa de concepción.

### 2.5.4. Aborto

El aborto se define como la pérdida del producto de la concepción a partir del periodo fetal aproximadamente 42 días hasta antes de los 260 días de la gestación. De manera general se puede establecer que la pérdida de gestación, es un fenómeno multicausal y complejo, lo cual dificulta de manera importante su

diagnóstico (Givens y Marley, 2008). Se ha demostrado que un cuadro de mastitis o cuadro febril aumenta el riesgo de abortar (Moore *et al.*, 2005). El aborto puede presentarse consecuencias en el rendimiento reproductivo de la vaca; Gröhn *et al.*, (1990) estimaron que si una vaca aborta tiene 19.8 veces más de probabilidad de tener RMF, 3.7 más probabilidad de tener metritis temprana.

#### 2.5.5. Distocias

La distocia se define como la dificultad de parir, prolongación de la fase de expulsión. La fase de expulsión del feto puede durar de 30 minutos a 4 horas (Noakes, Parkinson y England, 2001). La presentación de distocia puede estar relacionada con algunas alteraciones nutricionales específicas, principalmente debido a un inadecuado aporte de vitaminas y minerales durante el periodo seco. La presencia de hipocalcemia incrementa el riesgo de distocias y el síndrome de hígado graso también estaría relacionado, además aumenta la probabilidad de presentar metritis (Bobe, Young y Beitz, 2004).

#### 2.6. Otras enfermedades asociadas al BEN

La relación entre enfermedades metabólicas y reproductivas en vacas en transición hace que haya un BEN y un desequilibrio mineral temprano del postparto se han atribuidos varios trastornos que comprometen la fertilidad. Durante este periodo hay un marcado BEN se favorece la presentación de otras patologías que afectan a la reproducción de forma indirecta como la cetosis, hipocalcemia y mastitis



(Bruno, 2011). La cetosis es un trastorno del metabolismo de los carbohidratos y de los AGNES, afectando de manera significativa el desempeño reproductivo siendo la metritis el más importante, así mismo la presencia de los cuerpos cetónicos tiene efectos negativos en el ovocito y el embrión (Heuwieser, 2012).

De igual manera la hipocalcemia afecta en la reproducción de forma indirecta, la alta demanda de calcio aumenta la producción del calostro esto se relaciona con patologías del puerperio como mastitis por coliformes, retención de membranas fetales, etc. Estos factores afectan negativamente a la reproducción, la hipocalcemia es un factor predisponente para la presentación de mastitis (Martínez *et al.*, 2010). La mastitis es una consecuencia de hipocalcemia, hay una relación con la reproducción ya que la mastitis puede estimular la producción de  $\text{PGF2}\alpha$ , que provoca la regresión del cuerpo lúteo, mortalidad embrionaria (Smith, Weiss y Hogan, 2000).

## **HIPÓTESIS**

La suplementación de un precursor glucogénico durante el periodo de transición en vacas altas productoras de leche disminuirá la incidencia de enfermedades reproductivas durante el inicio de la lactancia.

## **OBJETIVO**

Evaluar el efecto la administración de un precursor glucogénico durante el periodo de transición en vacas altas productoras para disminuir la incidencia de enfermedades reproductivas

## **OBJETIVO ESPECÍFICOS**

1. Evaluar los niveles de betahidroxibutirato y ácido grasos no esterificados a los 7, 14 y 21 días postparto.
2. Evaluar la incidencia de enfermedades reproductivas durante los 21 días postparto.

### III.- MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Localización del área de estudio

El estudio se llevó a cabo, en la Comarca Lagunera (25° 44 36 N y 103° 10 15 Oeste; 1,111 msnm). Esta región se caracteriza por presentar un clima cálido extremo; con temperaturas en verano que oscilan de los 23°C a 43°C y en invierno de 2°C a 9°C, con una precipitación pluvial anual de 240 mm y una humedad relativa de 29% a 83% (CONAGUA, 2010).

#### 3.2 Animales experimentales

El estudio se desarrolló en un establo bajo condiciones comerciales con un inventario de 1600 vacas Holstein en ordeña, manejadas en forma intensiva en corrales abiertos. Las vacas fueron alimentadas con una dieta totalmente mezclada (50% forraje y 50% concentrado en base a MS), formulada para cumplir los requerimientos nutricionales de vacas en lactación con una producción lechera >33 kg de leche/d (RNC, 2001) con 1.62 Mcal/Kg ENL y 18% PC. Las vacas fueron alimentadas *ad libitum* con un rechazo diario del 10% de lo ofrecido en cuatro tiempos (06:00, 10:00, 12:00 y 16:00 h).

#### 3.3 Manejo de salud

Todas las vacas recibieron una infusión intramamaria de 375 mg de Cefalixina, por cuarto, durante el periodo de secado. Adicionalmente las vacas recibieron un bolo de liberaciónn prolongada que contenía micro minerales y vitamina A, D y E. El

control rutinario de la mastitis incluyó la desinfección de los pezones antes y después de la ordeña, a través del método de prueba de la paleta y un conteo regular de células somáticas.

### 3.4 Manejo reproductivo

Las vacas incluidas en el estudio fueron sujetas a un manejo reproductivo de vacas frescas de cero a 10 días y con el fin de ayudar a la correcta involución uterina, se les administró una inyección de PgF2 $\alpha$ , 25 mg; 35 y 47 días posparto respectivamente. Además, todas las vacas fueron vacunadas de acuerdo al calendario de vacunación del establo, enfocado principalmente contra enfermedades, como la diarrea viral bovina, rinotraqueitis infecciosa bovina, virus respiratorio bovino, parainfluenza tipo 3 y leptospirosis (5 variedades).

### 3.5 Diseño experimental

Se seleccionaron 202 vacas con un promedio diario de 63.5 $\pm$ 8.0 litros de leche y sin problemas reproductivos. Las vacas se dividieron en dos grupos homogéneos respecto al número de lactancias previas (3.2 $\pm$ 1.17) y condición corporal (3.3 $\pm$ 0.5; escala de 1-5). La producción promedio de leche a 305 días fue de 12.200 $\pm$ 147 kg. El promedio de inseminaciones fue de 3.7 $\pm$ 2.4 (rango de 1-10 inseminaciones). A un primer grupo de vacas (n=112; GG) se les administró 60 g/vaca/día de un precursor glucogénico (1-2 propanodiol y propionato de calcio) durante los primeros 15 días del periodo de transición, el cual fue adicionado en la dieta, mientras que al segundo grupo (n=90; GC) no se le administro ningún tratamiento.

### 3.6 Variables a analizar

#### 3.6.1 Ácidos grasos y betahidroxibutirato

Se determinaron las concentraciones ( $\text{med} \pm \text{eem}$ ) de ácidos grasos no esterificados (AGNES) en suero, para lo cual se tomaron muestras de sangre mediante punción coccígea a través de tubos de vacío a los 7, 14 y 21 días posparto, las muestras obtenidas fueron identificadas y refrigeradas hasta el laboratorio donde se centrifugaron durante 20 min a 450 g y posteriormente se fueron congeladas y almacenadas a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta el momento de su análisis. La determinación cuantitativa en suero para AGNES in vitro, se realizó a través de un analizador automático, mientras que la determinación de las concentraciones ( $\text{med} \pm \text{eem}$ ) de betahidroxibutirato (BHB) fue realizado a los 7, 14 y 21 días posparto, utilizando un medidor portátil para monitoreo de BHB, el cual consiste en el uso de tiras reactivas para pruebas de cuerpos cetónicos en sangre (Oetzel, 2004; Iwersen *et al.*, 2009).

#### 3.6.2 Enfermedades reproductivas

Se determinó el porcentaje de vacas que presentaron retención de membranas fetales (RMF) de ambos grupos, y se definió como la falla en la expulsión de las membranas fetales dentro de las 24 h después del parto, (Dervishi *et al.*, 2016) diagnosticada al observar la presencia de membranas fetales que sobresalían de la vulva por más de 24 h después del parto. La metritis se definió como la inflamación que involucró todo el grosor de la pared uterina (Sheldon *et al.*, 2006). Esto se confirmó al evaluar, mediante la palpación rectal, el tamaño del útero en relación con el momento del parto, se auscultó el espesor de la pared uterina y la

presencia de drenaje de líquido de uno o ambos cuernos. El aborto se definió como muerte fetal y expulsión entre 50 y 260 d de gestación.

### 3.7 Análisis Estadístico:

Las concentraciones de BHB y AGNES en sangre se analizaron por el procedimiento GLM de SAS y la comparación de medias por medio de una t-Student. Se calcularon los porcentajes de vacas que presentaron enfermedades reproductivas (retención de membranas fetales, metritis, aborto, distocia) y se compararon por medio de  $\chi^2$ . Todas las pruebas se realizaron con el paquete estadístico MYSTAT 12 (Evenston, ILL, USA 2000), con un nivel de significancia de  $P < 0.05$  y para tendencia se usó  $P \leq 0.06$ .

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Concentraciones de BHB y AGNES

Los resultados de las concentraciones de BHB y AGNES para ambos grupos a los 21 días postparto se muestran en el Figura 1. Los niveles de BHB durante las primeras tres semanas de la lactancia fueron más altos en la vacas del GC ( $1.3 \pm 0.2$  mmol/L) comparados con las vacas del GG ( $0.9 \pm 0.2$  mmol/L;  $P < 0.05$ ). No se encontraron diferencias entre tiempo y tratamiento al día 7 después del parto ( $P > 0.05$ ). Sin embargo, se encontró diferencia entre tiempo tratamiento al día 14 y 21 después del parto ( $P < 0.05$ ). Al igual que los niveles de AGNES fueron más altos en la vacas del GC ( $0.8 \pm 0.1$  mEq/L) comparados con las vacas del GG ( $0.6 \pm 0.1$  mEq/L;  $P < 0.05$ ). Además, la interacción entre tiempo y tratamiento al día 7, 14 y 21 después del parto fue diferente ( $P < 0.05$ ).

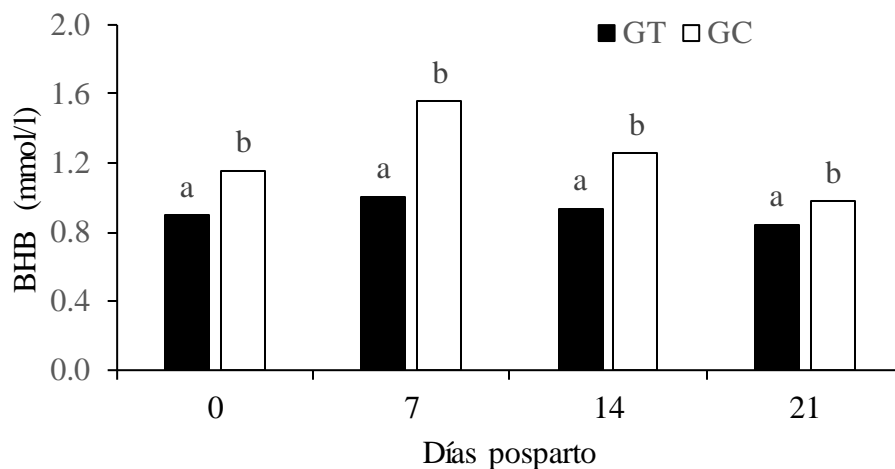


Figura 1. Niveles sanguíneos de BHB ( $\pm$ EEM) posparto de vacas con alta producción lechera tratadas (GG) y no tratadas (GC) con un precursor de glucosa durante 15 días drante el periodo de transición.

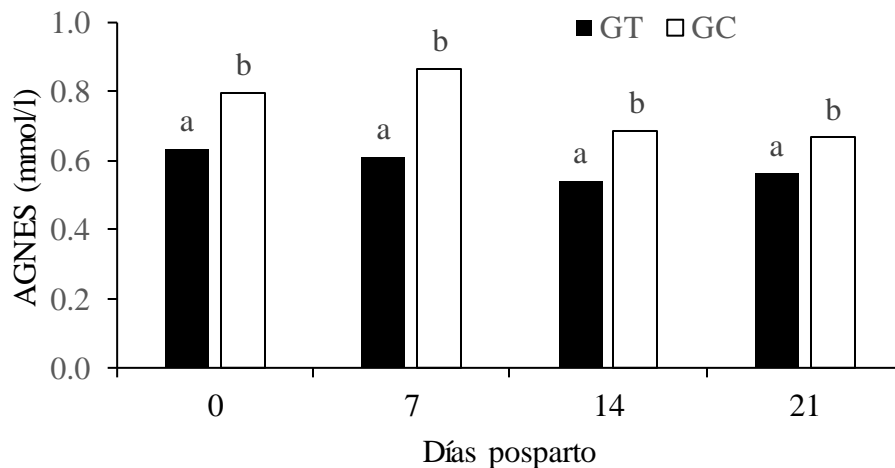


Figura 1. Niveles sanguíneos de AGNES ( $\pm$ EEM) posparto de vacas con alta producción lechera tratadas (GG) y no tratadas (GC) con un precursor de glucosa durante 15 días durante el periodo de transición.



Cuadro 1. Porcentaje de enfermedades reproductivas posparto de vacas con alta producción lechera tratadas (GG) y no tratadas (GC) con un precursor de glucosa durante 15 en el periodo de transición.

Variables	Grupos		Valor de <i>P</i>
	GG(n=112)	GC (n=90)	
Enfermedades reproductivas:			
Retención de membranas fetales (%)	13 (15/112)	23 (21/90)	0.067
Metritis (%)	5 (6/112)	11 (10/90)	0.132
Distocia (%)	(8/112)	(10/90)	0.325
Aborto (%)	1 (1/112)	2 (2/90)	0.438

## V.-DISCUSIÓN

Las vacas tratadas con un precursor glucogénico durante el periodo de transición tuvieron un menor impacto BEN que el grupo control (GC). Probablemente esto se debe a que la suplementación con este precursor ayudó a prevenir la movilización lipídica de las reservas corporales, lo cual está relacionado con la formación de cuerpos cetónicos y altas concentraciones de AGV están ligadas al BEN. En efecto *McArt et al.*, (2012) mencionan que las hembras durante el BEN los niveles de BHB se encuentran elevados. Según *Aschenbache et al.*, (2010) las vacas con alta producción de leche durante el inicio de la lactancia aumenta las necesidades de glucosa para la producción de lactosa, y a falta de esta, el animal moviliza sustratos glucogénicos que dan origen a cuerpos cetónicos. Además, es conocido que los precursores glucogénicos disminuyen las concentraciones de cuerpos cetónicos (*Bjerre-Harpøth et al.*, 2016), lo cual pudo haber contribuido a reducir los niveles de BHB en sangre de las vacas del grupo tratado en nuestro estudio. También observamos una reducción en las concentraciones de AGNES en suero sanguíneo en el GG ( $0.6 \pm 0.1$  mEq/L) en comparación con las vacas del GC ( $0.8 \pm 0.1$  mEq/L), lo cual concuerda con lo descrito por *McArt et al.*, (2013) quienes mencionan que al inicio de la lactancia las vacas están en un BEN por la baja de consumo de MS y la alta producción de leche, lo que provoca una alta movilización de lípidos del tejido adiposo hacia el hígado, compensando así los niveles de glucosa necesarios para equilibrar la energía durante el BEN (*Duffield et al.*, 1998; *McArt et al.*, 2013; *Tóthová et al.*, 2014).

En base a los resultados obtenidos del presente trabajo, las vacas tratadas con el precursor glucogénico durante el periodo de transición disminuyeron la incidencia de enfermedades metabólicas. Las vacas del GG tuvieron menos cetosis subclínica que las no tratadas (10% vs 56%, respectivamente). De acuerdo a McArt et al. (2012), se indica que el nivel medio de BHB en sangre para determinar la presencia de cetosis subclínica es de  $>1.2$  mmol/L, lo cual fue similar al promedio encontrado en nuestro grupo no tratado (1.3 mmol/L) comparado con las vacas del grupo glucogénico (0.9 mmol/L). Esto probablemente se debió a que la administración del precursor glucogénico redujo las concentraciones circulantes de BHB lo cual es un indicador de fallas en la adaptación de las vacas durante el periodo de transición (Duffield et al., 2009). Además, que al tener una alta demanda de producción de leche existe en conjunto una falta de producción de glucosa, por lo que la movilización de lípidos del tejido adiposo en el hígado provoca que las hembras no tratadas tuvieran altos niveles de BHB y así presentar cetosis subclínica, la cual, puede desencadenar enfermedades, tales como hígado graso (Aschenbach et al., 2010; McArt et al., 2013; Bjerre-Harpøt et al., 2016). La presentación de retención de membranas fetales en las vacas tratadas fue menor en 13 puntos porcentuales, comparándose con el grupo no tratado que fue del 23%. Lo anterior probablemente se debió el grupo no tratado tuvo concentraciones de  $\geq 0.6$  mmol/L de BHB preparto al inicio de la lactancia, lo cual se ha reportado como un factor, que aumenta la probabilidad de que las vacas presenten enfermedades preparto, además de que presenten una disminución en la producción leche (Chapinal et al., 2012; McArt et al., 2013).

## VI.-CONCLUSIÓN

La administración del precursor glucogénico en vacas lecheras durante el periodo de transición tuvo un efecto positivo al disminuir probablemente el impacto del balance energético y por consecuencia reducir el porcentaje de retención de membranas fetales en las vacas tratadas durante el periodo de transición, lo cual puede ser una alternativa que puede influir positivamente sobre el estatus energético ayudar a mejorar el estado de salud de las vacas lecheras.

## Literatura citada

- Aschenbach, J. R., Kristensen, N. B., Donkin, S. S., Hammon, H. M., y Penner, G. B. (2010). Gluconeogenesis in dairy cows: the secret of making sweet milk from sour dough. *IUBMB life*, 62(12), 869-877.
- Báez, G., y Grajales, H. (2009). Anestro posparto en ganado bovino en el trópico. *Revista MVZ Córdoba*, 14(3).
- Block, E., y Sanchez, W. (2000). Special nutritional needs of the transition cow. In *Mid. South Nutrition Conference*, Dallas, TX.
- Bobe, G., Young, J. W., y Beitz, D. C. (2004). Invited review: pathology, etiology, prevention, and treatment of fatty liver in dairy cows. *Journal of dairy science*, 87(10), 3105-3124.
- Bjerre-Harpøth, V., Storm, A. C., Vestergaard, M., Larsen, M., y Larsen, T. (2016). Effect of postpartum propylene glycol allocation to over-conditioned Holstein cows on concentrations of milk metabolites. *Journal of Dairy Research*, 83(2), 156-164.
- Bruno, R. (2011). *Nutrition and Reproduction in Modern Dairy Cows*. Texas A&M System and West Texas A&M University, 51-56.
- Butler, S. T., Pelton, S. H., y Butler, W. R. (2006). Energy balance, metabolic status, and the first postpartum ovarian follicle wave in cows administered propylene glycol. *Journal of dairy science*, 89(8), 2938-2951.
- Butler, W. R. (2003). Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livestock production science*, 83(2-3), 211-218.
- Bruss ML. 2008. Lipids and Ketones. In: Kaneko JJ, Harvey JW, Bruss ML (eds). *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. Academic Press San Diego, California, USA, Pp 81-115.
- Calsamiglia, S., y Ferret, A. (2002). Fisiología ruminal relacionada con la patología digestiva: acidosis y meteorismo. XVIII Curso de Especialización. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA). Eds. CP Ga Rebollar, GG De Blas y Mateos. Madrid, España
- Campos Gaona, R., y Hernández, É. A. (2008). Relación nutrición fertilidad en Bovinos: un enfoque bioquímico y fisiológico. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, Palmira.
- Correa, H. (2001). Caracterización del periodo de transición. Seminario nacional de lechería especializada: Bases nutricionales y su impacto en la productividad. (págs. 1-17). Medellín: UNAL.

- Correa, H. J. (2004). La Vaca en Transición: Metabolismo y Manejo Nutricional. Seminario Nacional de Lechería Especializada: Bases Nutricionales y su Impacto en la Productividad. (pp. pag. 141 – 152). Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- CONAGUA (2015) Servicio meteorológico nacional. <http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=coah>. Consultado 9 agosto, 2016.
- Dervishi, E., Zhang, G., Hailemariam, D., Dunn, S. M., y Ametaj, B. N. (2016). Occurrence of retained placenta is preceded by an inflammatory state and alterations of energy metabolism in transition dairy cows. *Journal of animal science and biotechnology*, 7(1), 26.
- Domínguez, C., Ruiz, A. Z., Pérez, R., Martínez, N., Drescher, K., Pinto, L., y Araneda, R. (2008). Efecto de la condición corporal al parto y del nivel de alimentación sobre la involución uterina, actividad ovárica, preñez y la expresión hipotalámica y ovárica de los receptores de leptina en vacas doble propósito. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 49(1), 023-026.
- Duffield, T. F., Lissemore, K. D., McBride, B. W., y Leslie, K. E. (2009). Impact of hyperketonemia in early lactation dairy cows on health and production. *Journal of dairy science*, 92(2), 571-580.
- Duffield, T. F., Sandals, D., Leslie, K. E., Lissemore, K., McBride, B. W., Lumsden, J. H., y Bagg, R. (1998). Effect of prepartum administration of monensin in a controlled-release capsule on postpartum energy indicators in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 81(9), 2354-2361.
- García, M. E., Quintela, L. A., Taboada, M. J., Alonso, G., Varela-Portas, B., Díaz, C., y Herradón, P. G. (2004). Factores de riesgo de la metritis en vacas lecheras: estudio retrospectivo en el NO de España. *Archivos de zootecnia*, 53(204), 383-386.
- Galvis, R., y Correa, H. (2002). Interacciones entre el metabolismo y la reproducción en la vaca lechera: es la actividad gluconeogénica el eslabón perdido
- Givens, M. D., y Marley, M. S. D. (2008). Infectious causes of embryonic and fetal mortality. *Theriogenology*, 70(3), 270-285.
- Gómez, L.L. (2015) Efecto de dos suplementos energéticos sobre el control del balance energético negativo en vacas de producción de leche. Maestría thesis, Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira.
- González, F. D., Muiño, R., Pereira, V., Campos, R., y Benedito, J. L. (2011). Relationship among blood indicators of lipomobilization and hepatic function during early lactation in high-yielding dairy cows. *Journal of veterinary science*, 12(3), 251-255.

- Ghorbani, B., Vahdani, N., & Zerehdaran, S. (2008). Effects of niacin on milk production and blood parameters in early lactation of dairy cows. *Pakistan journal of biological sciences: PJBS*, 11(12), 1582-1587.
- Gröhn Y, H Erb, Ch Mc Culloch, H Saloniemi. 1990. Epidemiology of reproductive disorders in dairy cattle: associations among host characteristics, disease and production. *Prev Vet Med* 8, 25-39.
- Grummer, R. (2011)a. Transition cow nutrition: Failure to invest now may be costly postpartum. *Texas Animal Nutrition Council*, 62-73.
- Grummer, R. R., Mashek, D. G., & Hayirli, A. (2004)b. Dry matter intake and energy balance in the transition period. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 20(3), 447-470.
- Hayirli, A., Grummer, R. R., Nordheim, E. V., y Crump, P. M. (2002). Animal and dietary factors affecting feed intake during the prefresh transition period in Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 85(12), 3430-3443.
- Herd, T. H. (2000). Ruminant adaptation to negative energy balance: Influences on the etiology of ketosis and fatty liver. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 16(2), 215-230.
- Hostens, M., Ehrlich, J., Van Ranst, B., y Opsomer, G. (2012). On-farm evaluation of the effect of metabolic diseases on the shape of the lactation curve in dairy cows through the MilkBot lactation model. *Journal of dairy science*, 95(6), 2988-3007.
- Heuwieser, W. (2012). XVII congreso internacional anembre de medicina bovina. Equilibrio energetico negativo y cetosis sub clinica y su reacion con la salud y la reproducion de los animales ¿qué se puede hacer en la práctica? (págs. 27-32).
- Konigsson, K., Savoini, G., Govoni, N., Invernizzi, G., Prandi, A., Kindahl, H., y Veronesi, M. C. (2008). Energy balance, leptin, NEFA and IGF-I plasma concentrations and resumption of post partum ovarian activity in swedish red and white breed cows. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 50(1), 3.
- Iwersen, M., Falkenberg, U., Voigtsberger, R., Forderung, D., y Heuwieser, W. (2009). Evaluation of an electronic cowside test to detect subclinical ketosis in dairy cows. *Journal of dairy science*, 92(6), 2618-2624.
- Kara, Ç., Orman, A., Udum, D., Yavuz, H. M., & Kovanlıkaya, A. (2009). Effects of calcium propionate by different numbers of applications in first week postpartum of dairy cows on hypocalcemia, milk production and reproductive disorders. *Italian Journal of Animal Science*, 8(2), 259-270.
- Larsen, M., y Kristensen, N. B. (2013). Precursors for liver gluconeogenesis in periparturient dairy cows. *Animal*, 7(10), 1640-1650.

- Lien, T. F., Chang, L. B., Horng, Y. M., y Wu, C. P. (2010). Effects of propylene glycol on milk production, serum metabolites and reproductive performance during the transition period of dairy cows. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 23(3), 372-378.
- Martínez, A., Pérez, M., Pérez, L., Gómez, G., y Carrión, D. (2010). Metabolismo de los lípidos en los rumiantes. *Revista electrónica de Veterinaria*, 1-21.
- McArt, J. A. A., Nydam, D. V., y Oetzel, G. R. (2012). Epidemiology of subclinical ketosis in early lactation dairy cattle. *Journal of dairy science*, 95(9), 5056-5066.
- Mellado, M., García, J. E., Véliz Deras, F. G., de Santiago, M. D. L. Á., Mellado, J., Gaytán, L. R., & Ángel-García, O. (2018). The effects of periparturient events, mastitis, lameness and ketosis on reproductive performance of Holstein cows in a hot environment. *Austral journal of veterinary sciences*, 50(1), 1-8.
- Moore D, W Overton, R Chebel, M Truscott, R BonDurant. 2005. Evaluation of the factors that affect embrionic loss in dairy cattle. *J Am Vet Med Assoc* 226, 1112-1118.
- Mulligan, F. J., y Doherty, M. L. (2008). Production diseases of the transition cow. *The Veterinary Journal*, 176(1), 3-9.
- Ninabanda, J. J. (2018). Impacto del balance energético negativo en vacas lecheras tratadas con somatotropina recombinante bovina. *Revista veterinaria*, 29(1), 68-72.
- Nguyen, P., Leray, V., Diez, M., Serisier, S., Bloc'h, J. L., Siliart, B., y Dumon, H. (2008). Liver lipid metabolism. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 92(3), 272-283.
- Noakes, D. E., Parkinson, T. J., y England, G. C. W. (2001). *Arthur's veterinary reproduction and obstetrics*. 8th. Edn., London, WB Saunders Co., P, 68.
- Noro, M., y Barboza, C. (2012). Cetosis en rebaños lecheros: presentación y control. *Spei Domus*, 8(17), 1-11.
- Oetzel, G. R. (2004). Monitoring and testing dairy herds for metabolic disease. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 20(3), 651-674.
- Ptaszynska, M. (2006). La importancia del periodo posparto y su impacto en la reproducción. México: Intervet Internacional.
- Reynolds, C. K., Aikman, P. C., Lupoli, B., Humphries, D. J., y Beever, D. E. (2003). Splanchnic metabolism of dairy cows during the transition from late gestation through early lactation. *Journal of dairy science*, 86(4), 1201-1217.



- Rodríguez-Martínez, R., Chavarría Neri, I. C., Meza-Herrera, C. A., Alvarado-Espino, A. S., Morales Cruz, J. L., González-Álvarez, V. H., ... & Ángel-García, O. (2018). Eficiencia reproductiva de Ovsynch+ CIDR en vacas Holstein bajo un esquema de inseminación artificial a tiempo fijo en el norte de México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 9(3), 506-517.
- Sánchez, J. L., Wagemann, C. A., Strieder-Barboza, C., y Noro, M. (2014). Balance energético y capacidad gluconeogénica de vacas lecheras a pastoreo tratadas con una baja dosis de somatotropina recombinante bovina en el período de transición. *Archivos de medicina veterinaria*, 46(2), 321-326.
- Sheldon, I. M., Williams, E. J., Miller, A. N., Nash, D. M., y Herath, S. (2008)a. Uterine diseases in cattle after parturition. *The Veterinary Journal*, 176(1), 115-121.
- Sheldon, I. M., Lewis, G. S., LeBlanc, S., y Gilbert, R. O. (2006)b. Defining postpartum uterine disease in cattle. *Theriogenology*, 65(8), 1516-1530.
- Smith, K., Weiss, W., y Hogan, J. (2012). Relación de la mastitis con otras enfermedades y con el comportamiento de la vaca. XVII Congreso internacional ANEMBE de medicina bovina (págs. 107-116).
- Suthar, V. S., Canelas-Raposo, J., Deniz, A., y Heuwieser, W. (2013). Prevalence of subclinical ketosis and relationships with postpartum diseases in European dairy cows. *Journal of dairy science*, 96(5), 2925-2938.
- Tous, M. G., Ríos, R., & Mattar, S. (2007). Prevalencia de bacterias asociadas a la infertilidad infecciosa en bovinos de Montería, Colombia. *Revista MVZ Córdoba*, 12(2), 1028-1035.
- Tóthová, C., Nagy, O., y Kováč, G. (2014). Relationship between some variables of protein profile and indicators of lipomobilization in dairy cows after calving. *Archives Animal Breeding*, 57(1), 1-9.