



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA



**EVALUACIÓN DE BIOCOLINA SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS EN
EL PERIODO DE TRANSICIÓN DE OVEJAS EAST FRIESIAN**

Que para obtener el grado de Maestra en Ciencias Agropecuarias

Presenta:

Z. Nydia Emilce Suárez Suárez

Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P.

Agosto de 2018



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA



**EVALUACIÓN DE BIOCOLINA SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS EN
EL PERIODO DE TRANSICIÓN DE OVEJAS EAST FRIESIAN**

Que para obtener el grado de Maestra en Ciencias Agropecuarias

Presenta:

Z. Nydia Emilce Suárez Suárez

Asesores:

Director: Dr. Héctor Aarón Lee Rangel

Codirector: Dr. Augusto Cesar Lizarazo Chaparro

Asesor: Dr. Héctor Oscar Orozco

El trabajo "EVALUACIÓN DE BIOCOLINA SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS EN EL PERIODO DE TRANSICIÓN DE OVEJAS EAST FRIESIAN" fue realizado por Nydia Emilce Suárez Suárez como requisito parcial para obtener el título de **Maestra en Ciencias Agropecuarias**. Fue revisado y aprobado por el suscrito comité de tesis.

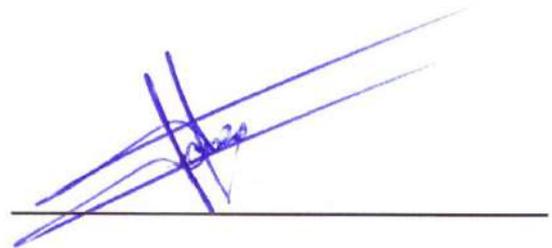
Dr. Héctor Aarón Lee Rangel
Director



Dr. Augusto Cesar Lizarazo Chaparro
Codirector



Dr. Héctor Oscar Orozco
Asesor



Ejido Palma de la Cruz, Municipio de Soledad de Graciano Sánchez, S. L.P., a los xx días del mes de Agosto de 2018.

DEDICATORIA

A **Dios** por ser el pilar de mi formación y no permitirme desfallecer, por darme las herramientas para poder llegar hasta este punto, por todas las bendiciones que me ha dado a lo largo de mi vida y por poner en mi camino a cada una de las personas que han hecho posible este logro.

A **mis padres y hermanos** por su apoyo incondicional, su confianza, su amor, por creer en mí y en mis fortalezas, por su formación que ha sido clave para poder llegar a ser una persona íntegra y con muchos valores.

A **mis amigos y compañeros** Yefer, Sara, Marín, Santiago, Juanjo, Dubis y Yeye de la **Universidad Nacional de Colombia** por apoyarme en la mejor decisión que he tomado, gracias por sus consejos y por su amistad que siempre perdurara.

A mi novio **Armando Javier de la Cueva** por su amor, apoyo, comprensión y por ser parte esencial en el desarrollo de mí de tesis.

AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por la beca brindada para realizar mis estudios de posgrado en el programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias.

A la **Facultad de Agronomía y Veterinaria** y a la **Universidad Autónoma de San Luis Potosí** por brindarme la oportunidad de realizar los estudios de posgrado.

A la **Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia** y de la **Universidad Nacional Autónoma de México** por brindarme la oportunidad de tomar cursos para mi formación.

Al **Centro de Enseñanza Práctica e Investigación en Producción y Salud Animal (CEPIPSA)** por permitirme realizar la parte experimental de la tesis en sus instalaciones y por el apoyo que me brindaron.

A **TecnoFeed México S.A.** y al **MVZ. Jorge Castañeda** por el apoyo con la Biocolina para el desarrollo del experimento.

Al **Dr. German David Mendoza** y el **Dr. José Antonio Martínez** por sus asesorías y por haberme dado la oportunidad de trabajar en el laboratorio de ensayos metabólicos perteneciente a la **Universidad Autónoma Metropolitana**.

A los médicos veterinarios **Juan de Dios León** y **Eduardo Cabrera** por su apoyo incondicional y por sus enseñanzas.

Al **Dr. Martin Escoto** por sus recomendaciones y consejos, y por siempre estar dispuesto para ayudar a las personas.

A mis asesores **Dr. Héctor Aarón Lee Rangel, Dr. Héctor Oscar Orozco y Dr. Augusto Cesar Lizarazo Chaparro**, gracias por transmitirme sus conocimientos, por su apoyo, su paciencia, su confianza y su orientación en mi desarrollo como persona y profesional.

A mi **familia** por su apoyo, comprensión y orientación en cada una de las etapas que me llevaron a hoy obtener este título.

A mis **amigos y compañeros Edna Rocío Riaño, Fulgencio Hernández, Francisco Juárez y Aracely Mena** por su apoyo, su ayuda y por su amistad; ha sido un gran honor compartir con ustedes este proceso de formación.

CONTENIDO

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
CONTENIDO.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE CUADROS.....	x
RESUMEN.....	xi
SUMMARY	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
Hipótesis	4
Objetivos.....	4
General	4
Específicos	4
REVISIÓN DE LITERATURA	5
Población ovina en el mundo	5
Producción ovina en México	5
Producción de leche ovina en el mundo	6
Producción de leche ovina en México.....	8
Fisiología de la gestación y lactancia en rumiantes	9
Balance energético (BE).....	11
Periodo de transición.....	13
Aditivos como suplementos alimenticios	14
Colina	16
Fuentes de colina.....	19
METODOLOGÍA.....	21
Localización.....	21
Experimento.....	21
Animales y tratamientos.....	21
Colección de muestras y manejo experimental	22
DISEÑO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	23
RESULTADOS	24
Peso, condición corporal y producción de leche	24
Composición química de leche y calostro	24

Perfil metabólico sanguíneo.....	25
DISCUSIÓN.....	28
Peso, condición corporal y producción de leche	28
Composición química de leche y calostro	28
Perfil metabólico sanguíneo.....	29
Metabolismo energético	29
Metabolismo proteico	30
Metabolismo mineral	32
Actividad hepática	33
CONCLUSIONES	35
LITERATURA CITADA.....	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución porcentual de la población ovina en el mundo	5
Figura 2. Participación estatal del rebaño ovino en México	6
Figura 3. Producción de leche de pequeños rumiantes en el mundo	7
Figura 4. Cambios en el requerimiento de energía de la oveja durante las diferentes etapas de su ciclo de producción	10
Figura 5. Periodo de transición	13
Figura 6. Estructura química de la colina	16
Figura 7. Interrelación del metabolismo de colina, homocisteína y ácido fólico.....	17

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Producción de leche en México para los años 2012 y 2016	9
Cuadro 2. Composición de ingredientes de la dieta basal	22
Cuadro 3. Cambios en variables productivas en borregas east friesland suplementadas con Biocolina durante toda la gestación	24
Cuadro 4. Composición química de la leche y calostro por efecto de Biocolina en borregas east friesland suplementadas durante toda la gestación.....	25
Cuadro 5. Metabolitos sanguíneos involucrados en metabolismo energético borregas east friesland suplementadas con Biocolina.....	25
Cuadro 6. Metabolitos sanguíneos involucrados en metabolismo proteico borregas east friesland suplementadas con Biocolina.....	26
Cuadro 7. Metabolitos sanguíneos involucrados en metabolismo mineral borregas east friesland suplementadas con Biocolina.....	27
Cuadro 8. Metabolitos sanguíneos involucrados en actividad hepática de borregas east friesland suplementadas con Biocolina.....	27

RESUMEN

Se seleccionaron 21 hembras de la craza East Friesian/Pelibuey y se dividieron en 3 grupos de 7 hembras cada uno, con un tratamiento diferente; el T1: 0 g/Biocolina/d, T2: 4g/Biocolina/d y T3: 8 g/Biocolina/d. Se midió la condición corporal y se pesaron las ovejas al parto y al día 60 de lactancia, el experimento tuvo una duración de 165 días, iniciando el día 45 de gestación y finalizando a los 60 días de lactancia; se tomaron muestras de calostro al parto y de leche a los 15, 30 y 60 días post parto para posterior evaluación de composición. Se colectaron muestras de sangre al parto y al día 60 post parto para determinar metabolitos sanguíneos. En peso, condición corporal, composición química y producción de leche no se encontraron diferencias significativas, en tanto que en la composición química de leche el efecto de los niveles de biocolina no fueron ni cuadrático ni lineal, En cuanto a densidad, solidos no grasos, lactosa y proteína del calostro el efecto de T3 fue cuadrático. Por otra parte, el perfil sanguíneo se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en T2 para glucosa al parto y al día 60 de lactancia, se presentó un efecto lineal ($p < 0.05$) para los dos metabolitos. Los niveles de urea fueron iguales entre tratamientos y se mostró un déficit de proteína. Ácido úrico, proteína total, albumina y globulina no tuvieron diferencias significativas entre grupos. Para la relación Albúmina/Globulina (A/G) los tratamientos se comportaron de manera similar teniendo una relación más cercana a 1 en T3. Los niveles de creatinina presentaron diferencias significativas en T2. El efecto de los tratamientos fue lineal para urea y la relación A/G al parto ($p < 0.05$). Los niveles de calcio y de fosforo no tuvieron diferencias significativas. La actividad enzimática de SAP, AST, LDH y los niveles de bilirrubina no presentaron diferencias significativas en ninguno de los tratamientos. En conclusión, la dosis de 4 g/día presentó la menor alteración en peso y condición corporal, la biocolina no tuvo efecto sobre la producción y composición de la leche. Por otra parte, el suministro de una dosis creciente de biocolina puede mejorar la composición del calostro y calidad. La dosis de 4 g/d de biocolina mantuvo estables tanto los niveles de glucosa como de colesterol evitando el balance energético negativo propio del periodo de transición. La actividad enzimática muestra un adecuado funcionamiento hepático de las ovejas.

Palabras clave: Biocolina, transición, ovejas lecheras

SUMMARY

21 females of the East Friesian / Pelibuey cross were selected and divided into 3 groups of 7 females each, with a different treatment; T1: 0 g/Biocholine/d, T2: 4 g/Biocholine/d and T3: 8 g/Biocholine/d. The body condition was measured, and the sheep were weighed at birth and at day 60 of lactation, the experiment lasted 165 days, starting on day 45 of gestation and ending at 60 days of lactation; colostrum samples were taken at parturition and milk samples at 15, 30 and 60 days postpartum for further evaluation of composition. Blood samples were collected at delivery and at day 60 postpartum to determine blood metabolites. In weight, body condition, chemical composition and milk production no significant differences were found, while in the chemical composition of milk the effect of biocholine levels were neither quadratic nor linear, in terms of density, non-fatty solids, lactose and colostrum protein the effect of T3 was quadratic. On the other hand, the blood profile found significant differences ($p < 0.05$) in T2 for glucose at delivery and at day 60 of lactation, there was a linear effect ($p < 0.05$) for the two metabolites. The urea levels were equal between treatments and a protein deficit was shown. Uric acid, total protein, albumin and globulin did not have significant differences between groups. For the albumin/globulin (A/G) ratio the treatments behaved in a similar way having a relation closer to 1 in T3. Creatinine levels showed significant differences in T2. The effect of the treatments was linear for urea and the A/G at delivery ($p < 0.05$). The calcium and phosphorus levels did not differ significantly. The enzymatic activity of SAP, AST, LDH and bilirubin levels did not show significant differences in any of the treatments. In conclusion, the dose of 4 g / day had the least alteration in weight and body condition, the biocholine had no effect on the production and composition of the milk. On the other hand, the supply of an increasing dose of biocholine can improve the colostrum composition and quality. The dose of 4 g/d of biocholine kept both glucose and cholesterol levels stable, avoiding the negative energy balance of the transition period. The enzymatic activity showed an adequate liver function of the sheep.

Keywords: Biocholine, transition, dairy sheep

INTRODUCCIÓN

Las ovejas fueron probablemente los primeros animales domesticados por el hombre para proveerse de leche, carne y piel o lana, y aunque la producción a nivel mundial de leche de oveja es pequeña (1,3 %) cuando se compara con la de bovino (84%) (FAO, 2016), sigue representando una fuente importante de alimentación y constituye una opción de mercado, ofreciendo productos de calidad gourmet con precios competitivos (Hernández et al., 2014). La necesidad de un aumento en la producción láctea ovina y la creciente demanda de sus productos hace que se exija a los animales expresar su máximo potencial, así como su eficiencia productiva, lo que puede repercutir en ciertos problemas fisiológicos que afecta de manera importante su ciclo productivo y rentabilidad del sistema.

Uno de los periodos críticos en el ciclo productivo de la hembra ovina es el periodo de transición o periparto; la importancia de este periodo reside en el hecho que en él se define en buena medida el futuro productivo, reproductivo, metabólico y sanitario del animal (Campos y Jaramillo, 2008).

El periodo de transición se caracteriza por varios cambios fisiológicos, endocrinos, anatómicos y metabólicos; en el cual se produce un incremento en los requerimientos energéticos, sin embargo, éste va acompañado de una disminución en la ingesta de materia seca, ambos sucesos son los responsables de un balance energético negativo en la hembra. Por ello, en la mayoría de los casos en los que la dieta no cubre estos requerimientos energéticos se pueden presentar varias patologías, como el síndrome de hígado graso, el trastorno metabólico conocido como toxemia de la gestación o cetosis ovina y reducción en la producción (Montoya et al., 2015; Cal-Pereyra et al., 2012).

Las causas que predisponen a las patologías antes mencionadas pueden ser de aspecto nutricional, estresante o inherente al animal. Dentro de las nutricionales esta la subnutrición y el ayuno causado por la reducción de la capacidad ruminal dado el aumento del volumen del útero al final del periodo de gestación, lo que conduce a una intensa hipoglucemia que ocasiona la disminución del flujo de glucosa uterina, umbilical y

uteroplacental. Los factores estresantes, son los que originan un mayor gasto de energía, promoviendo el consumo de las reservas energéticas y una disminución de la ingesta. Siendo los más relevantes: las condiciones climáticas adversas, de manejo o cambios en la alimentación. Por último, se encuentran los factores inherentes al animal como la gestación múltiple debido a las altas demandas energéticas de los fetos y al importante aumento del volumen del útero, lo que causa una disminución del movimiento y consumo de alimento por parte de la oveja (Cal-Pereyra et al., 2012).

Por otra parte, los cambios fisiológicos que sufre la hembra ovina durante el periodo de transición en la que es sometida a un balance energético negativo conlleva a que presente una pérdida importante de peso y una baja en su condición corporal, factores que pueden modificar los eventos reproductivos posparto. Además, en ovejas productoras de leche donde hay una mayor exigencia se presentarán bajas en su producción y por consiguiente pérdidas económicas (Montossi et al., 2005).

Por lo antes mencionado, es necesario recurrir a la utilización de estrategias de alimentación que nos permitan amortiguar estos cambios, como es la utilización de aditivos alimenticios; que son un grupo de ingredientes que pueden causar una respuesta positiva en el animal en aspectos como el pH ruminal, el crecimiento del animal o la optimización del metabolismo (Hutjens, 2013).

En este sentido, se ha demostrado que la utilización de la colina como aditivo alimenticio ayuda a contrarrestar los efectos que tiene el balance negativo en el desempeño del animal, debido a que está involucrada en la síntesis y transporte de lípidos ya que es precursora de la formación de fosfatidilcolina que actúa como un agonista de los PPAR α (Receptores Activados por Proliferadores de Peroxisomas Alfa), proteínas receptoras nucleares que actúan en la transcripción. Los PPAR α regulan la expresión de genes implicados, entre otras, en la beta oxidación de ácidos grasos y en la regulación de la homeostasis energética; de igual forma la fosfatidilcolina determina el contenido de fosfolípidos en la membrana celular y es crítica en el transporte de exceso de triglicéridos desde el hígado (Pinotti, 2012; Ida y Olivera, 2018). Estos hallazgos han sido en su mayoría documentados

en hembras bovinas, en algunos de ellos se ha demostrado que el uso de colina protegida ruminalmente (CPR, Colina encapsulada, ReaShure®-Balchem) redujo la incidencia de cetosis clínica, casos de mastitis/vaca y morbilidad en vacas lecheras (Lima et al., 2012). Por otro lado, en un estudio realizado en vacas lecheras suplementadas con colina protegida (CholiPearl®), se observó un incremento de la proteína y sólidos totales en leche (Leiva et al., 2015).

Debido a los resultados obtenidos del uso de colina en bovinos lecheros, como los mencionados anteriormente, es importante considerar el uso en hembra ovinas lecheras para mejorar su desempeño reproductivo y sus efectos en la lactancia, ya que existen pocos estudios que han evaluado sus efectos esta especie, se pueden mencionar, entre otros, A respecto, el estudio realizado por Bryant et al. (1999) que evaluó el efecto de la CPR (cloruro de colina Cap-Shure®) sobre el crecimiento, características de la canal y metabolitos de corderos Suffolk usando 4 dosis (0, 5, 10 y 20 g/día/animal). y concluyó que la suplementación de CPR mejoró el rendimiento de canal, aunque los resultados no fueron consistentes entre los niveles de Colina. De igual forma Li et al. (2015) determinó los efectos de la colina protegida contra el rumen (CPR) sobre el rendimiento del crecimiento, los lípidos en la sangre, la calidad de la carne y la expresión de los genes implicados en el metabolismo de los ácidos grasos en los corderos dorper x hu donde obtuvieron que la suplementación de 0,25% de RPC aumentó la ganancia diaria promedio de los corderos y mejoró la calidad de la carne.

A nivel mundial, la Biocolina como fuente de colina sólo ha sido evaluada por investigadores mexicanos por una parte en el trabajo realizado por Rodríguez-Guerrero et al. (2018) en el que se evaluó el efecto de la Biocolina y la metionina protegida sobre el desempeño y metabolitos sanguíneos de corderos, los resultados aumentaron la concentración de glucosa y colesterol cuando se suministró 1.5 g/biocolina/día, mientras que para las variables de consumo y digestibilidad no se vieron resultados significativos.

Con respecto a ovejas lecheras Godínez-Cruz et al. (2015) comparó dos fuentes de colina protegida y Biocolina sobre peso corporal, producción y composición de leche, los

resultados para Biocolina sobre CPR son favorables en cuanto a peso al parto, el peso a los 30 días de lactancia y peso al nacimiento y ganancias de peso en corderos, de igual forma en el aumento del rendimiento de leche, así como el contenido de ácido oleico en leche.

De acuerdo con el contexto anterior, es necesario realizar más estudios acerca de las ventajas que puede dar el uso de este aditivo alimenticio, así como identificar la dosis adecuada incrementando las cantidades suministradas. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue la evaluación de tres niveles de Biocolina sobre el desempeño productivo de ovejas east friesian durante el periodo de transición.

Hipótesis

Borregas suplementadas con diferentes dosis de Biocolina tendrán una mejor recuperación al parto y tendrán mejor desempeño productivo

Objetivos

General

Evaluar los efectos de tres niveles de Biocolina en el desempeño productivo de ovejas east friesian dosificadas desde los 45 días de gestación hasta los 60 días de lactancia.

Específicos

- Determinar el efecto de la administración de tres niveles de Biocolina en ovejas en transición sobre peso y condición corporal.
- Determinar el efecto de la administración de tres niveles de Biocolina en ovejas en transición sobre la composición de calostro y leche.
- Determinar cambios metabólicos que están relacionados con el balance energético, nutricional y función hepática mediante el análisis de metabolitos sanguíneos.

REVISIÓN DE LITERATURA

Población ovina en el mundo

La obtención de leche de las ovejas fue uno de los primeros objetivos que motivaron la domesticación de la especie siete mil años antes de nuestra era, incluso anterior al aprovechamiento de la lana, de tal forma, que ya constituía parte de la dieta proteica de los antiguos pueblos de Oriente Medio que practicaban el nomadismo y la trashumancia (Olayo, 2012).

La FAO reporta que para el año 2016 el número de cabezas de ganado ovino existentes en el mundo era de 1.173.353.790 y que el continente asiático tenía el mayor porcentaje de ellas, seguido del continente africano, en tercer lugar, se encontraba Europa, en cuarto lugar, Oceanía y por último el continente americano (Figura 1).

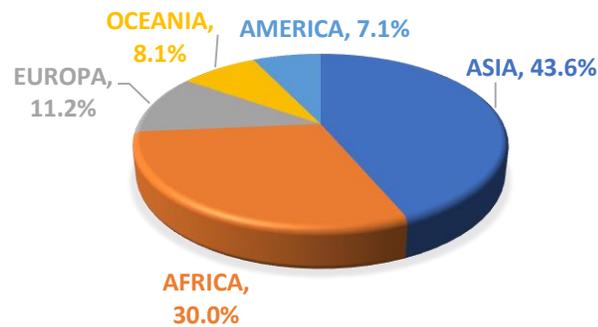


Figura 1. Distribución porcentual de la población ovina en el mundo (FAO, 2016)

Producción ovina en México

La producción de ovejas es una actividad pecuaria que existe en México a partir de la conquista de los españoles, orientándose inicialmente para la obtención de lana para abastecer la industria textil. Las primeras razas de ovinos que llegaron a México eran de tipo merino, churras y lachas. De esta manera, el país se fue poblando, y a principios del siglo XX gran parte de la república contaba con ganado criollo, descendiente de las razas españolas traídas originalmente. A finales del siglo XIX el gobierno mexicano decidió apoyar el desarrollo del campo: se organizó un congreso agrícola, se fundaron sociedades especializadas, y se importó ganado de origen americano y europeo. Durante el siglo XX ingresaron al país un gran número de razas de animales que contribuyeron a formar el *pool* genético del ganado local (Medrano, 2000; Olayo, 2012).

La producción ovina es reconocida como una actividad importante dentro del subsector ganadero, por el alto valor que representa al constituir un componente benéfico para la economía del productor de escasos recursos económicos debido a la demanda de sus productos, principalmente en barbacoa, en grandes ciudades, tales como la Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey. Sin embargo, hoy día la producción ovina, en especial en lo referente a la oferta, depende en más o menos el 50% de lo que se consume de las importaciones, principalmente de países como Canadá, Estados Unidos, Australia, Nueva Zelanda y últimamente Uruguay (Cuellar et al., 2012, Bobadilla-Soto et al., 2017).

La distribución geográfica de los ovinos en México se puede apreciar en la Figura 2, en ella se observa que el Estado de México registra el mayor inventario con 16% (1,429,818 cabezas) seguido por el Estado de Hidalgo con 13% (1,429,818 cabezas) (SIAP, 2016).

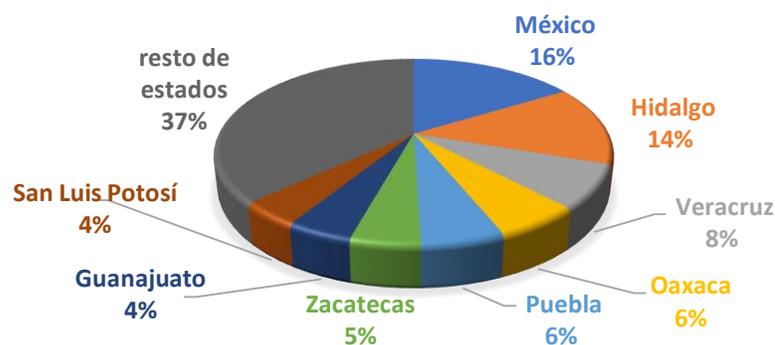


Figura 2. Participación estatal del rebaño ovino en México (SIAP, 2016).

Producción de leche ovina en el mundo

El ordeño de ovejas para la producción lechera es relativamente nuevo para algunos países, como Australia y Nueva Zelanda, por lo que el conocimiento en esta área es escaso, o es una industria muy tradicional, como la que se encuentra en los países mediterráneos, donde ha estado practicado durante miles de años y hasta hace poco no tenía mucha experiencia científica (Bencini y Pulina, 1997).

La investigación sobre el ordeño de las ovejas se ha desarrollado en la mayoría de los países europeos donde se crían ovejas para la producción lechera. También en Australia y Nueva Zelanda, la lechería de ovejas se inició en la década de 1960 por agricultores que buscaban ser pioneros en una alternativa a la cría de ovejas para la producción de corderos y lana de primera calidad o para la cría tradicional de ganado lechero. En ambos países,

la incipiente industria láctea de ovinos suscitó interés en los Departamentos de Agricultura y otras organizaciones de investigación, por lo que se realizaron algunas investigaciones sobre métodos de ordeño, razas adecuadas y manejo de la oveja lechera (Bencini y Pulina, 1997).

En los últimos años se ha puesto de manifiesto un especial interés por la producción ovina de leche en países con escasa o nula tradición en estos sistemas productivos. Lo cual puede ser consecuencia de la necesidad de búsqueda de alternativas a los sistemas tradicionales de producción animal. La mayor parte de la leche de oveja, obtenida a nivel mundial, es consumida en forma de queso. Aunque no existe una información suficiente para diferenciar cuanta proporción de este queso tiene un origen ovino y cuanto es de vacuno o de cabra (Olayo, 2012).

Según la FAO para el año 2016 la producción de leche de oveja en el mundo fue de 10.366.980 Toneladas, donde el continente con mayor producción es Asia con 4.727.694 Toneladas (45.6%), seguido del continente europeo con 3.004.607 Toneladas (29%), África con una producción de 2.543.757 Toneladas y por último el continente americano con 90.922 Toneladas (0.9%). Igualmente, esta organización reporta un incremento de la producción de leche ovina desde el año 2012 al 2016 aproximadamente en un 5%. La producción de leche de oveja y de cabra para el 2016 por continentes se muestra en la figura 3. (Haenlein y Wendorff, 2006; FAO, 2016).

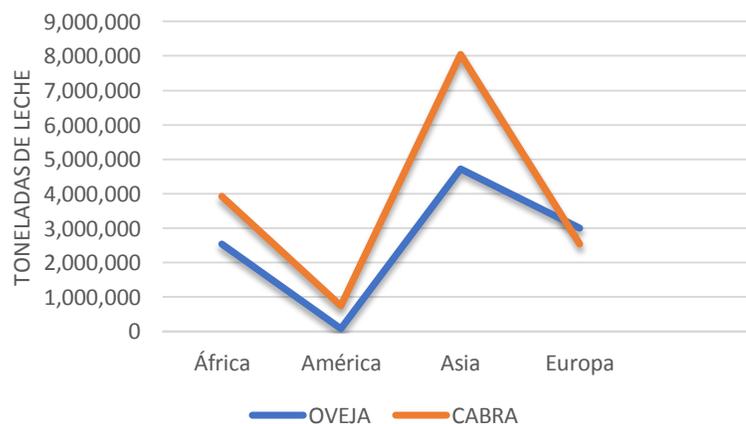


Figura 3. Producción de leche de pequeños rumiantes en el mundo (FAO, 2016)

Producción de leche ovina en México

La orientación actual de la ovinocultura mexicana es primordialmente hacia la producción de carne, la producción de lana se usa sólo con fines artesanales y es empleada satisfactoriamente en algunos estados de la república. En el caso de la producción de leche de oveja, es una actividad que hace algunos años se inició por parte de algunos productores que buscan otras alternativas de producción. Uno de los problemas a los cuales se han enfrentado es que no se cuenta en el país con una raza especializada para la producción de leche, ya que durante años los programas de mejoramiento genético se han basado sólo en la selección de aquellos ovinos que son más aptos para la producción de carne (Olayo, 2012).

En México según la FAO la producción total de leche (vaca, cabra y oveja) es de 11'826.306 Toneladas, la producción de leche de vaca representa el 98,16% de la producción total mientras que la de cabra y oveja el 1,35% y el 0,49% respectivamente, en el cuadro 1 se muestran los valores en toneladas de la producción de leche en México (FAO, 2016).

Para el año 2010 se estimó que existían veinte sistemas de producción ovina con gran potencial para ordeñar ovejas y que contaban con un inventario de seis mil animales distribuidos en diferentes regiones del país. La producción nacional se destina a la producción de quesos de diferentes variedades entre los que se encuentran Crottin, Feta y Ricotta, que cubren una demanda que anteriormente solo era provisto por importaciones hechas de países europeos, esto muestra el gran potencial que tiene la leche de oveja en el mercado, lo que demuestra la necesidad de continuar mejorando los sistemas productivos ya existentes, así como generar programas de investigación, extensión y soporte gubernamental para mejorar la productividad de sistemas lecheros ovinos (Ángeles et al., 2014; Blanco y Pérez, s/f.).

Cuadro 1. Producción de leche en México para los años 2012 y 2016

	PRODUCCION DE LECHE (TON)	
	AÑO	
	2012	2016
CABRA	155,636	160,217
OVEJA	55,799	57,689
VACA	10,880,870	11,608,400

Fisiología de la gestación y lactancia en rumiantes

La glucosa es un metabolito muy importante en el metabolismo energético de la hembra gestante. Se considera el principal sustrato energético a nivel cerebral y es esencial para la síntesis de triglicéridos, la contracción muscular, la síntesis de lactosa en la glándula mamaria y para el aporte de energía al feto (Herrera et al, 2010).

El total de energía que consumen los animales mediante los alimentos se utiliza para satisfacer un conjunto de procesos fisiológicos y metabólicos, como la regulación térmica, mantenimiento, gestación, lactancia y cambio de peso. La deficiencia de energía es, probablemente, lo que más afecta el comportamiento de la oveja, con respecto a cualquier otra deficiencia nutritiva. Las necesidades nutritivas aumentan notablemente al comienzo de la lactación, particularmente en las razas de vacas, cabras y ovejas lecheras ya que son capaces de producir mucha más leche de la que necesita sus crías, en la figura 4 se pueden observar estos cambios de energía tanto en periodo gestación como en el de lactancia (Herrera et al, 2010; Cal-Pereyra et al, 2011).

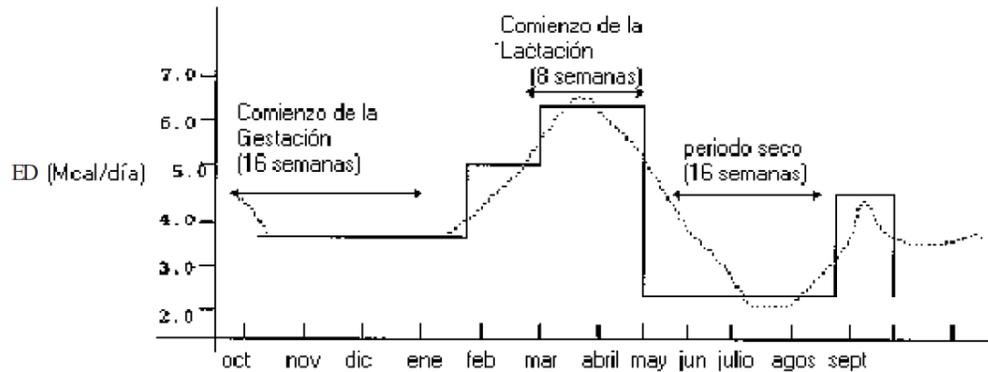


Figura 4. Cambios en el requerimiento de energía de la oveja durante las diferentes etapas de su ciclo de producción (Herrera et al, 2010)

Durante el periodo de gestación, los tejidos como los placentomas, el endometrio y el miometrio consumen el 30 al 35 % del oxígeno y el 60 a 70 % de la glucosa captada por el útero. La captación de glucosa por la placenta se realiza por difusión facilitada, por lo cual es dependiente de una mayor concentración en la sangre materna. El 56 % de la glucosa es degradada a lactato, fructosa y CO_2 , el resto se emplea para la síntesis de alanina y otros aminoácidos no esenciales. El 10 % del lactato vuelve a la circulación materna, contribuyendo al aumento del ciclo entre glucosa y lactato (ciclo de Cori) característico del rumiante al final de la gestación. El resto del lactato, la fructosa y la glucosa pasan al feto como fuente del CO_2 (Relling y Mattioli, s/f).

Cuando los requerimientos fetales aumentan, se produce una movilización de grasa desde los depósitos maternos, y si bien los ácidos grasos liberados no son prácticamente utilizados por el concepto, sirven como fuente energética en los tejidos maternos en los cuales se puede ahorrar glucosa y posiblemente aminoácidos. Con respecto al metabolismo glucídico materno, aumenta la gluconeogénesis hepática a partir de lactato y aminoácidos, coincidiendo con un incremento en la glucólisis anaeróbica en placenta y otros tejidos periféricos y una mayor movilización proteica desde el músculo, la cual se produce incluso cuando se cubren los requerimientos proteicos de la madre. La captación de glucosa por los tejidos periféricos maternos disminuye hacia el final de la gestación (Relling y Mattioli, s/f).

En el periodo de lactancia según mencionaron Herrera et al, (2010) entre 50 y 83 % de la energía metabolizable se convierte en leche durante las doce primeras semanas de

lactancia, también hicieron mención de que en ovejas con dos crías la producción de leche aumenta entre 20 y 40%. El inicio de la lactación en rumiantes expresa un aumento de requerimientos de agua y nutrientes como glucosa, aminoácidos y ácidos grasos como precursores para la síntesis de leche. Al pico de la lactancia los requerimientos de energía para la síntesis de leche pueden acercarse al 80% del consumo de energía neta y aproximadamente al 80% del total de glucosa producida y es utilizada por la glándula mamaria (Glauber, 2007).

En dicho periodo lo más importante para la hembra es proveer a la glándula mamaria con los nutrientes y cambios metabólicos necesarios para el anabolismo y catabolismo. Las reservas endógenas generadas durante la preñez comienzan a movilizarse. La lipólisis en el tejido adiposo aumenta y disminuye la lipogénesis, la producción de glucosa es elevada, los ácidos grasos son utilizados para el cambio de glucosa para la glándula mamaria, la absorción de minerales por parte del intestino aumenta y el uso de nutrientes es redireccionado desde los tejidos no mamarios hacia la ubre. Todo ello dirigido por un cambio hormonal importante, los glucocorticoides, hormona del crecimiento (GH), prolactina (PRL) y estrógenos aumentan y la progesterona disminuye. GH, PRL y leptina son hormonas esenciales en la regulación de los nutrientes en la ubre. PRL aumenta la absorción intestinal de calcio y facilita los ácidos grasos de cadena larga para la síntesis de grasa de la leche. La acción de la leptina es predominantemente en algunas regiones del cerebro, se involucra en la regulación del metabolismo de energía, donde la caída en plasma de leptina refleja que la energía en el SNC es insuficiente (Glauber, 2007).

Balance energético (BE)

El BE es un término utilizado en nutrición animal que se refiere a la relación entre la cantidad de energía consumida y la requerida tanto para el mantenimiento como para la producción de carne o leche. El balance se considera positivo cuando la energía ingerida es superior a la que el animal necesita para cubrir sus demandas. Bajo estas circunstancias, los excesos se acumulan como depósitos de tejido adiposo. El balance es negativo cuando el consumo de materia seca no cubre los requerimientos de energía para mantenimiento y de producción. En este periodo de balance negativo los animales movilizan los depósitos grasos para cubrir el déficit (Xu et al., 2006; Giuliadori, 2011).

Las exigencias productivas impuestas por el ser humano mediante la selección genética y los sistemas de manejo intensivo aumentan el riesgo de sufrir estos desbalances nutricionales y enfermedades metabólicas en el rebaño ovino, ya que puede producir desequilibrios entre el ingreso de nutrientes en el organismo, su metabolismo y los egresos (Zárate et al., 2014).

Como resulta muy difícil hacer una evaluación directa del BE en condiciones de producción, pueden ser utilizados diferentes procedimientos para identificar los desbalances nutricionales en los rebaños, tales como: análisis del contenido de nutrientes en el alimento, observación de signos clínicos asociados a alteraciones metabólicas-nutricionales, respuesta a la suplementación, exámenes de muestras de tejidos y fluidos como identificación de ácidos grasos no esterificados (AGNE) y colesterol en sangre que son indicadores de movilización de grasa, o los niveles de globulinas, urea y albuminas que pueden determinar si hay o no déficit de proteína en la dieta. (Giuliodori, 2011; Marín et al., 2011; Zárate et al., 2014).

También se han propuesto y estudiado varios indicadores indirectos como la condición corporal, que refleja los cambios en la proporción de grasa en el animal vivo durante las últimas semanas o meses de gestación, bajos índices condición corporal manifestarían que los animales han consumido menos energía de la requerida y, por lo tanto, que han atravesado un período prolongado de BEN, por lo que la condición corporal se considera un indicador a largo plazo del BE (Giuliodori, 2011; Russel et al., 1969)

Por otro lado, se puede utilizar un perfil metabólico el cual se define como una serie de pruebas analíticas específicas, ejecutadas en combinación y utilizadas como una herramienta diagnóstica orientada a evaluar la salud del rebaño. Entre los metabolitos que se pueden analizar tenemos; AGNE, el ácido α -hidroxi-butírico (BHB) y la glucosa, y las hormonas metabólicas como la insulina, el factor de crecimiento 1 similar a la insulina (IGF-1) y la leptina, los cuales actúan como indicadores a corto plazo del BE, puesto que sus cambios de concentración pondrían de manifiesto la relación entre la energía consumida y la requerida, es decir, el BE, en ese preciso momento (Giuliodori, 2011).

Si la cantidad de energía consumida es menor que la requerida, la concentración de glucosa disminuye y, por lo tanto, la de insulina y el IGF-1 también decrecen. Esto último

lleva a que aumenten los niveles de AGNE debido a que se movilizan los depósitos grasos, estos ácidos son utilizados por el hígado como fuente de energía, y es ahí en donde son reesterificados a triglicéridos hepáticos y exportados nuevamente a la circulación en forma de lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL). Si los niveles de glucosa son reducidos, los AGNE son convertidos a cuerpos cetónicos (Acetoacetato, BHB y acetona), los que al incrementarse sobre los niveles normales pueden causar un cuadro de cetosis. Por otro lado, la excesiva entrada de AGNE al hígado puede provocar un aumento de triglicéridos con el consecuente desarrollo de hígado graso (Giuliodori, 2011; Zárate et al., 2014; Marín et al., 2011; Fernández, 2015).

Periodo de transición

El ciclo de cría de la hembra ovina y en general de todas las hembras es la etapa donde se ven más críticamente sometidas a BE negativo, este periodo tan importante en la vida productiva de la hembra se conoce como periodo de transición el cual comprende las tres últimas semanas antes del parto y las tres primeras después de éste (Figura 5). El aspecto más relevante de este periodo tiene que ver con los cambios tan exigentes que se presentan en cuanto a demanda de nutrientes, es importante que haya una modificación del metabolismo nutricional de la hembra lo que debe garantizar que se cubran todos los requerimientos de nutrientes al final de la gestación y al inicio de lactancia (López, 2007; Campos y Jaramillo, 2008; Zárate et al., 2014).

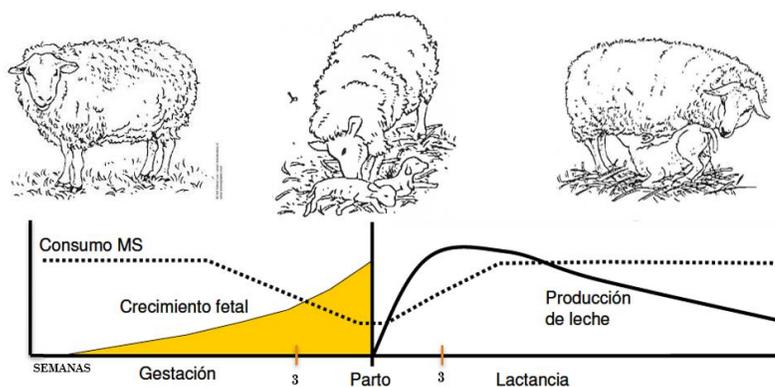


Figura 5. Periodo de transición (modificado de Álvarez y Gutiérrez (2004))

El desarrollo y el crecimiento de algunos tejidos fetales altamente especializados, es más costoso, en términos de nutrientes y necesita más alimento por unidad de peso ganado que en el animal adulto, también, la demanda de glucosa por la glándula mamaria es tres veces

más alta al comienzo de la lactancia que la del útero grávido al final de la gestación y la demanda de aminoácidos se duplica mientras que la de ácidos grasos puede ser hasta ocho veces más alta. Así, mientras que la glándula mamaria utiliza un porcentaje muy alto de acetato y β -hidroxibutirato para la síntesis de grasas lácteas, el transporte de ácidos grasos y cuerpos cetónicos a través de la placenta es limitado y, en la misma medida, lo es su contribución de combustibles para el metabolismo (López, 2007).

Durante la transición aumentan significativamente los requerimientos de energía, glucosa, aminoácidos y otros nutrientes. Al mismo tiempo, el consumo de alimento se deprime a partir de las últimas 3 semanas de gestación, lo que hace inevitable el balance energético negativo o pérdida de peso junto con una reducción de la función inmune y un estrés fisiológico. El requerimiento energético para la unidad feto-placenta puede llegar a representar hasta el 45% de la glucosa materna y el 72% de la oferta de aminoácidos maternos (Zárate et al., 2014; Sepúlveda y Wittwer, 2017).

El incremento de los requerimientos al final de la gestación está causado por el hecho que cerca del 85% del crecimiento fetal ocurre durante las últimas seis semanas de la gestación. El aumento de las demandas fetales puede ser de tal magnitud que se sugiere que en la gestación avanzada los requerimientos energéticos de las ovejas aumentan sobre los de mantenimiento hasta un 150% en aquellas ovejas que gestan un solo feto y hasta un 200% en ovejas con gestaciones dobles. Por ello existe una estrecha relación entre el nivel de nutrición de la oveja durante este período y el peso del cordero al nacimiento. Además, el peso corporal de las ovejas al parto ejerce una influencia crítica sobre el peso de la placenta, el tamaño de los corderos al nacimiento y la supervivencia postnatal (Zárate et al., 2014; Cal-Pereyra et al., 2012).

Aditivos como suplementos alimenticios

Durante décadas, los aditivos se han utilizado en la producción animal debido a los efectos positivos causados en los indicadores fisiológicos, productivos y de salud. De esta forma, se pueden reducir los costos y aumentar la eficiencia de los sistemas productivos (García y García, 2015).

En los sistemas intensivos es fundamental cuidar el manejo alimenticio para prevenir la aparición de trastornos digestivos metabólicos. Una dieta bien formulada y rica en

materias primas de alta calidad mejora el estado fisiológico e inmunológico de los animales. Así mismo, la alimentación es una herramienta efectiva y manejable a la hora de aumentar la producción. A través de la alimentación, de hecho, es posible maximizar la ingesta de nutrientes en un determinado periodo de tiempo, y manipular el ecosistema ruminal para una mayor eficiencia en la utilización de estos nutrientes. En este sentido, los aditivos suponen una estrategia para influir positivamente en la producción, el rendimiento y en general del bienestar animal (Cavini, 2014).

Según García y García (2015), la comunidad científica acepta como definición del término aditivos para la alimentación animal, la emitida en el Reglamento (CE) N° 1831/2003 del Parlamento y Consejo Europeo que hace referencia a que son sustancias, microorganismos y diferentes preparados de materias primas para alimentos y premezclas añadidas intencionalmente a los alimentos o al agua para realizar, predominantemente, una o varias funciones. De acuerdo con estas funciones, los aditivos se clasifican como:

- **Tecnológicos:** Es cualquier sustancia añadida a los alimentos para animales con fines tecnológicos como conservantes, antioxidantes, emulsionantes, estabilizadores, espesantes, agentes gelificantes, ligantes, antiglomerantes, reguladores de acidez, entre otros.
- **Organolépticos:** Cualquier sustancia que, añadida a los alimentos, mejora o modifica las propiedades organolépticas de los alimentos, o las características visuales de los alimentos de origen animal, entre los que se encuentran los colorantes y aromatizantes.
- **Nutricionales:** Vitaminas, pro-vitaminas, compuestos de oligoelementos, aminoácidos, urea, etc.
- **Zootécnicos:** Cualquier aditivo utilizado para influir positivamente sobre el rendimiento de los animales en buen estado de salud o se utiliza para influir positivamente sobre el ambiente. Entre ellos están los aditivos digestivos, estabilizadores de flora intestinal, sustancias que influyen positivamente sobre el medio ambiente, entre otros (Cavini, 2014).

Los aditivos zootécnicos para rumiantes incluyen extractos de plantas, cultivos microbianos (o probióticos), enzimas fibrolíticas, ácidos orgánicos. Entre los aditivos de extractos de plantas encontramos los taninos, las saponinas y los aceites esenciales; los

cultivos microbianos abarcan hongos y levaduras, cultivos de bacterias, entre otros; en los ácidos orgánicos están el malato, fumarato y butirato (Cavini, 2014).

Colina

La colina es una base de amonio cuaternaria (figura 5), derivada de la etanolamina por metilación de adenosilmetionina, también conocida como etanolamina, es un componente esencial de las dietas para los mamíferos debido a que se requiere para función normal de las células, la cual, mediante su síntesis, produce materiales biológicos como la acetilcolina y varios fosfolípidos. La colina a menudo se considera como una vitamina, habitualmente dentro de las vitaminas B, pero no cumple con la función tradicional de la vitamina, a diferencia de las vitaminas clásicas, se puede sintetizar endógenamente, su papel en la nutrición incluye minimizar la formación de hígado graso por lo que es considerada un factor lipotrópico, mejorar la transmisión nerviosa y servir como donante de grupos metilo (Baldi y Pinotti, 2006; Martínez, 2012; Hutjens, 2013).

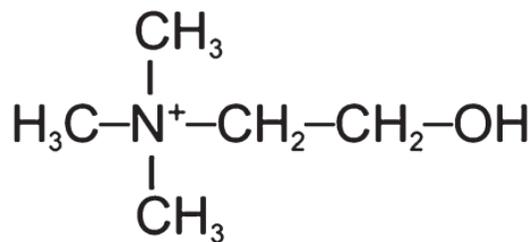


Figura 6. Estructura química de la colina (Sanders y Zeisel, 2007)

La colina y/o sus derivados son un nutriente esencial para el crecimiento y el rendimiento normal de los animales y se han utilizado para suplementar la mayoría de las dietas de monogástricos durante años. Se creía que los animales rumiantes recibían su colina a partir de la síntesis microbiana dentro del rumen y que solo los monogástricos requieren colina en la dieta porque no pueden producir cantidades suficientes dentro de su cuerpo para las funciones normales, sin embargo, se ha demostrado que la colina suplementaria en el ganado lechero podría tener un efecto beneficioso en la producción de leche y grasa (King y Rompala, 1998).

La colina tiene tres funciones metabólicas principales: componente de la fosfatidilcolina (lecitina), precursor del neurotransmisor acetilcolina y precursor de la betaína. La síntesis de la colina potencialmente consume tres unidades de metionina como donante de grupos

metilo (CH₃). La síntesis de colina de *novo* ocurre a través de la metilación secuencial de fosfatidiletanolamina, siendo los grupos metilo suministrados por S-adenosil-L-metionina (SAM). Sin embargo, la presencia de esta vía no significa que no se requiera la colina externa; de hecho, la deficiencia dietética de colina produce varias disfunciones cuando otros nutrientes son limitantes (Baldi y Pinotti, 2006).

La colina, la metionina, la betaína, el ácido fólico y la vitamina B12 en la dieta contribuyen a los requerimientos de la colina. La interrelación entre estas sustancias se debe a su participación en el metabolismo de un carbono (metilo), en el que los dos principales donantes de metilo son la betaína, un metabolito de la colina y el SAM, un metabolito de la metionina. La demanda de colina como donante de metilo es probablemente el principal factor que determina con qué rapidez la deficiencia de colina induce un estado de enfermedad. Sin embargo, los grupos metilo también se pueden sintetizar de *novo* en el cuerpo a través del sistema de tetrahidrofolato (THF); la entrada de estos grupos en el ciclo de metilación requiere vitamina B12 (figura 7). Por estas razones, es probable que la colina sea un nutriente esencial para los mamíferos cuando la metionina y el ácido fólico son limitados en la dieta (Baldi y Pinotti, 2006).

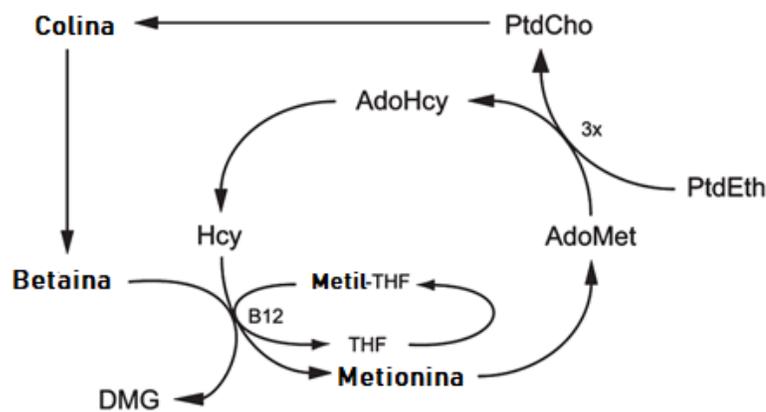


Figura 7. Interrelación del metabolismo de colina, homocisteína y ácido fólico.

PtdCho = fosfatidilcolina; PtdEth = fosfatidiletanolamina; Hcy = homocisteína; AdoMet = s-adenosilmetionina; AdoHcy = s-adenosilhomocisteína; THF = tetrahidrato; DMG = dimetilglicina (Sanders y Zeisel, 2007).

Los rumiantes difieren de la mayoría de los otros mamíferos en cuanto al metabolismo de colina y de grupos metilo. En los rumiantes adultos, la colina es ampliamente degradada en el rumen; por lo tanto, la colina dietaría contribuye de manera insignificante a las

reservas corporales. En rumiantes productores de leche, la disponibilidad dietética de colina es baja, mientras que la producción de compuestos metilados para la leche es particularmente alta, y la metionina, así como otras fuentes de grupos metilo, es probable que escaseen, especialmente al inicio de la lactancia (Baldi y Pinotti, 2006).

Se ha demostrado que tanto la colina que se encuentra naturalmente en el alimento (predominantemente lecitina) como el cloruro de colina suplementario se degradan extensamente en el rumen. Esto da como resultado una baja disponibilidad de colina para la absorción intestinal. Para ser eficaz, por lo tanto, la suplementación con colina debe administrarse en una forma protegida del rumen. Recientemente se han conseguido elaborar fuentes de colina protegida en el rumen por encapsulación y recubrimiento con grasa, de estas dos la microencapsulación es el proceso más comúnmente utilizado para proteger una sustancia de la degradación en el rumen (Hutjens, 2013).

Las microcápsulas pueden formularse para permitir la liberación controlada del suplemento en un lugar deseado en el intestino, mejorando así su efectividad, asegurando una dosificación óptima y ampliando el rango de aplicación de los ingredientes de alimentación e ingesta. La colina no es efectiva a menos que se administre por un método que evite la degradación en el rumen. En otras palabras, la colina debe ser post-ruminalmente efectiva. El método preferido de administración de la colina es por vía oral. El uso de la encapsulación hace que el proceso de liberación sea más fácil porque la colina protegida se puede mezclar directamente con el pienso, permitiendo que el rumiante ingiera la colina mientras come (King y Rompala, 1998; Hutjens, 2013).

El mecanismo primario de interés es el efecto de la colina sobre la transferencia de triglicéridos desde el hígado, especialmente al principio de la lactación, cuando los ácidos grasos libres del tejido liposo son movilizados e incorporados a lipoproteínas que es un proceso que requiere un donante de grupos metilo. La colina también permite ahorrar metionina ya que es una fuente de grupos metilo para la resíntesis de la metionina a partir de la homocisteína (Zeisel et al., 1991; Hutjens, 2013).

Aunque todavía se desconoce el requerimiento exacto de colina de las vacas y ovejas lecheras, la mayor disponibilidad de colina protegida ruminalmente (CPR) puede tener un efecto favorable en la producción de leche. La biodisponibilidad de la colina parece ser

limitante en las vacas lecheras, y es probable que esté influenciada por factores como la dosis, el modo de administración, la etapa de lactancia y la dieta basal. Con respecto a la dosis en vacas, se han obtenido buenas respuestas sobre la producción de leche con una suplementación de 12 a 20 g por día de cloruro de colina protegido ruminalmente. Algunos productos comerciales se suministran a un nivel de 15 g de colina protegida por día (presente en 60 g de producto encapsulado) en el periodo comprendido entre 21 días antes del parto y 50 días después. Dichas dosis parecen ser altas, pero se sabe que se requiere colina en la dieta de los mamíferos en niveles mucho más altos que las vitaminas solubles en agua (g frente a mg) (Baldi y Pinotti, 2006; Hutjens, 2013).

La mayor demanda de colina ocurre al inicio de la lactancia, suponiendo que la colina es limitante en hembras productoras de leche. También es en esta etapa que la disponibilidad de otros nutrientes relacionados con la colina (es decir, folatos, metionina y vitamina B12) a menudo es baja. Además, dado que la colina es un factor lipotrópico, puede ser particularmente beneficioso en ese momento (lactancia) en vista de los cambios en el metabolismo del hígado y el tejido adiposo que se producen durante la transición del final de la gestación a la lactancia temprana (Martínez, 2012; Hutjens, 2013).

Fuentes de colina

Como fuente de Colina se utiliza el Cloruro de Colina que contienen 87% de ésta y es de origen sintético en sus distintas presentaciones líquidas (75% de cloruro de colina en agua) y sólidas (50 ó 60% de cloruro de colina incorporada en sílice o en sustrato vegetal), y calidades. Todas son de naturaleza corrosiva y de baja biodisponibilidad, ya que, de la Colina presente en ellas, dos terceras partes es consumida por los microorganismos del tracto gastrointestinal y transformada en Trimetilamina (TMA). La TMA es un metabolito tóxico para los animales y responsable del típico olor a pescado que las caracteriza (Mojica y Paoella, s/f).

También se encuentra, la presentación en polvo (Cloruro de Colina 60% - 70%) por sus características químicas es altamente higroscópica y puede provocar apelmazamiento. El cloruro de colina se obtiene a partir del metanol y del amoníaco con posterior reacción con óxido de etileno y ácido clorhídrico. Es una sustancia estable pero muy reactiva. Su adición en cantidades altas en microcorrectores concentradas reduce la estabilidad de

numerosas vitaminas por lo que es aconsejable su incorporación directa al pienso, especialmente en correctores que se almacenen por más de 14-21 días. Asimismo, la forma líquida es muy corrosiva, especialmente con altas temperaturas y alto contenido en oxígeno. Conductos y válvulas deben ser de acero inoxidable, aleaciones o plásticos especiales resistentes a la corrosión. (Mojica y Paoella, s/f; Aldaz, 2012).

Por otra parte, se encuentra la Biocolina que está compuesta de colina natural altamente biodisponible por encontrarse conjugada en forma esterificada como fosfatidilcolina y metabolitos esterificados como: Fosfatidil-serina, Fosfatidil-inositol, lecitinas y equivalentes. Estas características la hacen una fuente mucho más eficiente para ejercer todas las funciones de la colina, ya que a comparación con el cloruro de colina no tiene componentes tóxicos, no es higroscópica y adicionalmente cumple también con las funciones metabólicas de la fosfatidil-colina como son intervenir positivamente en el metabolismo de la energía. La fosfatidil-colina comparada con la colina libre, es mucho más efectiva en alcanzar niveles en sangre más altos y por más tiempo (Mojica y Paoella, s/f).

METODOLOGÍA

Localización

El experimento se realizó en el Centro de Enseñanza Práctica e Investigación en Producción y Salud Animal (CEPIPSA) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), ubicado en el Km. 28, San Miguel Topilejo, Tlalpan, Ciudad de México. A una altura de 2760 m.s.n.m. y con una precipitación promedio de 800 a 1200 mm/año y una temperatura promedio de 19 °C (UNAM, 2016).

Experimento

Animales y tratamientos

Durante los meses de junio a diciembre de 2017, 21 ovejas multíparas, de la craza East Friesian/Pelibuey, con un promedio de peso de 72 kg y una condición corporal promedio de 2.9 (escala 1 a 5) al inicio del experimento, fueron divididas en tres grupos de 7 animales cada uno, de acuerdo con una dosis de Biocolina por día: (T1) 0g/d; (T2) 4 g/día y (T3) 8g/d. El experimento inicio al día 45 de gestación, y termino el día 60 post parto. La biocolina se suministró diariamente vía oral, 1 hora después de que los animales comieran. Durante el periodo experimental, las ovejas se alojaron en tres corrales, uno por tratamiento, los cuales estaban equipados con comederos, bebederos y sombra. El espacio en comedero fue suficiente para que todas las ovejas pudieran consumir el alimento al mismo tiempo. El experimento fue aprobado por el comité de ética de la FMVZ- UNAM (Protocolo N° 61/2017). Todas las ovejas recibieron la misma dieta durante el periodo experimental formulada de acuerdo con los requerimientos del NRC (2007) para animales gestantes y primer tercio de lactancia y también recibieron agua *ad libitum*. Se analizaron muestras de los ingredientes de la dieta de acuerdo a la norma AOAC (1995) en el cuadro 2 se muestra la composición de los ingredientes suministrados en la dieta.

Cuadro 2. Composición de ingredientes de la dieta basal

INGREDIENTE	MS (%)	EM (MCal/kg)	PC (%)	Ca (%)	P (%)	EE (%)	FDN (%)	FDA (%)
AVENA	87.76	2.75	3.02	0.22	0.30	2.10	74.58	39.76
ENSILADO	98.81	2.43	5.03	0.07	0.09	4.98	62.27	39.31
ALFALFA PELET	99.98	2.30	17.28	-	-	2.52	73.70	37.66
ALIMENTO BALANCEADO	99.21	2.88	17.88	11.50	4.5	4.47	51.41	18.61
Mineral salts	93	-	-	6.75	8	-	-	-

MS=Materia seca; EM=Energía metabolizable; PC=Proteína cruda; Ca=Calcio; P=fosforo; EE=Extracto etéreo; FDN=fibra detergente neutra; FDA=fibra detergente acida.

Colección de muestras y manejo experimental

Se midió individualmente la condición corporal de los animales, una semana antes del parto (CC al parto) y a los 60 días de lactancia (CC al destete), mediante la palpación de la zona de las vértebras lumbares de acuerdo con el método propuesto por Russel et al. (1969) con puntuaciones de 1 a 5, tomando como 1 (muy flaca) a 5 (muy gorda). Se pesaron de igual forma una semana antes del parto (peso al parto) y a los 60 días de lactancia (peso al destete) utilizando una báscula ganadera. Se colectaron muestras de sangre mediante punción en vena yugular en tubos de vacío sin coagulante (Vacutainer®) para luego ser centrifugadas a 3500 rpm, mediante centrifugadora Zeigen, modelo 80-2S, durante 10 min y conservar el suero a -20 °C para posterior análisis, dichas muestras fueron tomadas al parto y a los 60 días de lactancia para determinar metabolitos sanguíneos relacionados con el metabolismo energético, nutricional y función hepática, los cuales fueron analizados por el laboratorio de análisis clínicos veterinarios de Ciudad de México (LACLIVET).

También se tomaron muestras por ordeño manual, de calostro al parto y muestras de leche a los 15, 30 y 60 días post parto para realizar su análisis composicional, las muestras fueron conservadas a -20 °C posteriormente se descongelaron, en el caso del calostro se realizaron diluciones 2:1(calostro: agua desionizada), se midió grasa, densidad, lactosa, solidos no grasos, proteína y solidos totales, mediante Lactoscan milk analyzer SL60®.

DISEÑO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron analizados con un diseño completamente al azar con tres tratamientos (niveles de Biocolina) y 7 repeticiones (borregas) cada uno, utilizando el procedimiento MIXED de SAS (2002). Los datos medidos más de una vez se promediaron, para ser posteriormente analizados con el procedimiento REPEATED de SAS (2002) y la estructura de covarianza AR (1) con la finalidad de evaluar el efecto del tratamiento, del periodo y la interacción de ambos. Las hembras fueron consideradas como componente aleatorio, y los tratamientos y los periodos componentes fijos en el modelo. La comparación de medias se realizó con el procedimiento LSMEANS y la opción ADJUST=Tukey (SAS, 2002). Además, un análisis polinomial de efectos lineales y cuadráticos (SAS, 2002).

RESULTADOS

Peso, condición corporal y producción de leche

La menor pérdida de peso al parto y al destete se dieron en T2 en comparación con los otros tratamientos, en cuanto a condición corporal la menor pérdida se dio en T1, sin embargo, el peso vivo y condición corporal al parto, al destete y diferencias de peso no tuvieron diferencias significativas entre los tratamientos. Los niveles crecientes de Biocolina en la dieta no tuvieron efecto lineal o cuadrático. El promedio de producción de leche fue superior en T1, pero no hubo diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Cambios en variables productivas en borregas east friesland suplementadas con Biocolina durante toda la gestación

	T1	T2	T3	l	c	EEM
Peso al parto (kg)	67.4	72.50	71.3	0.39	0.79	4.17
CC parto	2.6	2.20	2.5	0.41	0.67	0.21
Peso al destete (Kg)	66.3	69.50	67.5	0.46	0.9	3.23
CC al destete	2.5	2.10	2.6	0.48	0.42	0.31
Diferencia peso (Kg)	-3.4	-2.50	-4.8	0.8	0.55	2.71
Pérdida de peso	0.05	0.04	0.08	0.8	0.56	0.04
Producción de leche (ml/d)	808.0	633.4	657.1	0.29	0.39	66.9

T1=0 g/Biocolina; T2=4g/Biocolina; T3=8g/Biocolina; CC=Condición corporal; l=lineal; c=cuadrático; EEM=Error estándar de la media

Composición química de leche y calostro

La composición química de la leche en T1 tiene el mejor promedio para lactosa, sólidos no grasos y proteína; en T2 los promedios más altos se dan para grasa y sólidos totales, sin embargo, no presenta diferencias significativas entre los tratamientos. Para la composición química del calostro T3 fue superior en densidad, lactosa, sólidos no grasos, proteína y sólidos totales; en grasa T1 fue superior, aunque no se mostraron diferencias significativas entre los tratamientos. Los niveles crecientes de Biocolina en la dieta tuvieron un efecto cuadrático ($p < 0.05$), donde la densidad, lactosa, sólidos no grasos y proteína del calostro de hembras que consumieron la dieta con 8 g/d Biocolina fueron los más altos comparados con aquellos consumiendo las dietas con 0 y 4 g/d Biocolina (Cuadro 4).

Cuadro 4. Composición química de la leche y calostro por efecto de Biocolina en borregas east friesland suplementadas durante toda la gestación

	T1	T2	T3	l	c	EEM
Leche						
Grasa (%)	4.57	5.30	4.64	0.34	0.80	0.41
Lactosa (%)	5.78	5.63	5.58	0.60	0.39	0.07
Solidos no grasos (%)	10.52	10.25	10.16	0.43	0.42	0.14
Proteína (%)	3.85	3.75	3.72	0.26	0.81	0.49
Solidos totales (%)	14.21	14.69	13.95	0.42	0.90	0.37
Calostro						
Grasa (%)	11.17	8.51	9.16	0.06	0.57	0.97
Densidad (%)	37.4	41.74	48.35	0.37	0.04	3.29
Lactosa (%)	6.56	7.13	8.12	0.42	0.04	0.48
Solidos no grasos (%)	11.9	12.9	14.70	0.40	0.05	0.82
Proteína (%)	4.39	4.76	5.42	0.43	0.04	0.32
Solidos totales (%)	22.14	20.4	22.71	0.30	0.32	1.16

T1=0 g/Biocolina; T2=4g/Biocolina; T3=8g/Biocolina; l=lineal; c=cuadrático; EEM=Error estándar de la media

Perfil metabólico sanguíneo

En los resultados obtenidos en cuanto a metabolismo energético (Cuadro 5) tenemos que el promedio para glucosa al parto y a los 60 días de lactancia en T2 es estadísticamente diferente en comparación con los otros dos tratamientos ($p<0.05$). Por otra parte, los niveles de colesterol no presentaron diferencias significativas en ninguno de los periodos. Los niveles de glucosa al parto y a los 60 días de lactancia aumentaron linealmente a medida que se incrementó la dosis de Biocolina hasta 8g/d ($p<0.05$).

Cuadro 5. Metabolitos sanguíneos involucrados en metabolismo energético borregas east friesland suplementadas con Biocolina

	T1	T2	T3	l	C	EEM	Valores de referencia*
Metabolismo energético							
Glucosa, mg/dl							
día 1 al parto	56 ^a	44.28 ^b	55 ^a	0.01	0.17	2.83	40 a 56
día 60 de lactancia	57.83 ^a	46.16 ^b	59.71 ^a	0.01	0.04	3.11	
Colesterol, mg/dl							
día 1 al parto	59.28	47.14	50	0.02	0.47	3.57	40 a 48
día 60 de lactancia	53	45.5	45	0.05	0.16	2.53	

T1=0 g/Biocolina; T2=4g/Biocolina; T3=8g/Biocolina; l=lineal; c=cuadrático; EEM=Error estándar de la media. *Monroy, 2018.

Para metabolismo proteico (Cuadro 6) no se encontraron diferencias significativas a los 60 días de lactancia los niveles de urea no tuvieron diferencias estadísticas significativas. Para ácido úrico, proteína total, albúmina y globulina no hubo diferencias significativas en ningún tratamiento para los dos periodos. Para la relación A/G los tres tratamientos se comportaron de manera similar teniendo un promedio más cercano a la unidad en T3. En cuanto a los niveles de creatinina el tratamiento con diferencias significativas fue T2. El efecto de los tratamientos fue lineal para urea y la relación A/G al parto a medida que se incrementó la dosis de Biocolina hasta 8g/d ($p<0.05$).

Cuadro 6. Metabolitos sanguíneos involucrados en metabolismo proteico borregas east friesland suplementadas con Biocolina

	T1	T2	T3	l	c	EEM	Valores de referencia*
Metabolismo proteico							
Urea, mg/dl							
día 1 al parto	27.57 ^a	17.14 ^b	20.71 ^{ab}	0.01	0.51	2.01	24.9 a 59.6
día 60 de lactancia	55.5	50.14	55.28	0.53	0.71	6.25	
Ácido úrico, mg/dl							
día 1 al parto	0.87	0.9	1.04	0.83	0.19	0.09	0.5 a 1.93
día 60 de lactancia	0.9	0.82	0.97	0.63	0.39	0.1	
Proteína, g/dl							
día 1 al parto	4.39	4.76	5.42	0.43	0.04	0.32	6.0 a 7.9
día 60 de lactancia	8.83	7.71	8.71	0.07	0.39	0.43	
Albúmina, g/dl							
día 1 al parto	3.77	3.9	4.04	0.76	0.58	0.3	2.4 a 3.0
día 60 de lactancia	4.58	3.94	4.75	0.18	0.22	0.34	
Globulina, g/dl							
día 1 al parto	3.77	3.58	3.38	0.67	0.44	0.31	3.1 a 5.1**
día 60 de lactancia	4.25	3.77	4.01	0.24	0.99	0.29	
Relación A/G,							
día 1 al parto	0.74 ^b	0.94 ^{ab}	1.08 ^b	0.1	0.02	0.08	
día 60 de lactancia	0.96	0.9	0.87	0.47	0.43	0.06	
Creatinina, mg/dl							
día 1 al parto	0.85 ^{ab}	0.78 ^b	1.02 ^a	0.44	0.01	0.06	0.6 a 1.5•
día 60 de lactancia	0.9	0.92	1.1	0.79	0.05	0.07	

T1=0 g/Biocolina; T2=4g/Biocolina; T3=8g/Biocolina; l=lineal; c=cuadrático; EEM=Error estándar de la media. *Monroy, 2018; ** Contreras et al., 2018; • Avellanet et al., 2007

Los resultados para metabolismo mineral se presentan en el cuadro 7 donde se encuentra que los niveles de calcio y de fosforo no tuvieron diferencias significativas en ninguno de los tratamientos aplicados.

Cuadro 7. Metabolitos sanguíneos involucrados en metabolismo mineral borregas east friesland suplementadas con Biocolina

	T1	T2	T3	l	c	EEM	Valores de referencia*
Metabolismo mineral							
Calcio, mg/dl							
día 1 al parto	7.85	7.77	7.64	0.51	0.49	0.09	8.0 a 11.0
día 60 de lactancia	7.43	7.31	7.54	0.53	0.29	0.13	
Fosforo, mg/dl							
día 1 al parto	3.7	3.98	3.67	0.09	0.23	0.11	4.0 a 7.0
día 60 de lactancia	4	3.85	4.01	0.55	0.67	0.17	

T1=0 g/Biocolina; T2=4g/Biocolina; T3=8g/Biocolina; l=lineal; c=cuadrático; EEM=Error estándar de la media. *Monroy, 2018.

Los resultados obtenidos para actividad hepática se presentan en el cuadro 8 donde se observa que no hubo diferencias significativas en ninguno de los tratamientos.

Cuadro 8. Metabolitos sanguíneos involucrados en actividad hepática de borregas east friesland suplementadas con Biocolina

	T1	T2	T3	l	c	EEM	Valores de referencia*
Actividad hepática							
Fosfatasa alcalina, µg/dl							
día 1 al parto	24	19.57	25	0.25	0.33	2.66	10 a 50
día 60 de lactancia	38.83	43.57	50.28	0.55	0.18	5.74	
Deshidrogenasa láctica, µg/dl							
día 1 al parto	90.85	84.14	87.57	0.42	0.99	6.32	50 a 150
día 60 de lactancia	86.5	77.57	84.85	0.33	71	6.55	
AST, µg/dl							
día 1 al parto	14.7	15.08	17.5	0.81	0.08	1.17	31 a 111
día 60 de lactancia	17.75	21.1	22.58	0.25	0.2	2.07	
Bilirrubina, mg/dl							
día 1 al parto	0.31	0.24	0.24	0.31	0.55	0.04	0.0 a 0.4
día 60 de lactancia	0.41	0.27	0.31	0.12	0.7	0.06	

T1=0 g/Biocolina; T2=4g/Biocolina; T3=8g/Biocolina; l=lineal; c=cuadrático; EEM=Error estándar de la media. *Monroy, 2018.

DISCUSIÓN

Peso, condición corporal y producción de leche

En cuanto a la variación de peso entre el parto y la lactancia, el cambio en la condición corporal y la producción láctea los resultados obtenidos no mostraron diferencias significativas lo que quiere decir que los tratamientos utilizados en este experimento no tuvieron influencia sobre estas variables. Estos resultados son similares a los hallados por Davidson et al. (2008) quienes aplicaron 4 tratamientos a vacas lecheras (control, 20 g/d Metionina PR, 45 g/d Betaína PR y 40 g/d Colina PR) la colina y betaína utilizadas estaban protegidas con una fuente de grasa y la metionina estaba encapsulada esto para protegerlas de la actividad ruminal, los investigadores no encontraron variación ni en peso, ni en condición corporal y pero si en producción de leche en el grupo suplementado con colina lo que atribuyeron a que hubo un mayor suministro de fosfatidilcolina en lugar de que se cumpliera con la función de la colina como donante de metilo. Por el contrario, Crosby et al., (2015) encontraron que al suplementar con dos fuentes de colina protegida ruminalmente (Reashure y Biocolina) aumentó el peso al parto y a los 30 días de lactancia de ovejas rambouillet, y también tuvieron mejor producción de leche en comparación con un grupo control.

Composición química de leche y calostro

La suplementación con Biocolina no tuvo ningún efecto sobre la composición química de la leche, al igual que los resultados reportados por Xu et al., (2006) quienes a pesar de encontrar que la suplementación con colina protegida ruminalmente aumentó la producción de leche en el primer tercio de lactancia en vacas no se presentó ningún cambio en su composición. El hecho de que no hubiera efecto en esta variable se pudo haber dado por la baja relación de Lis:Met ya que son aminoácidos limitantes en lactancia temprana y son altamente requeridos para la síntesis de proteína y grasa láctea (Duque-Quintero et al., 2017).

Por otra parte, la composición de calostro en cuanto a densidad, lactosa, sólidos no grasos y proteína tuvo un cambio de forma cuadrática al aumentar la dosis de Biocolina a 8 g/d, lo cual sugiere que la inclusión en la dieta de Biocolina trae efectos positivos sobre la composición del calostro, respecto a esto no se encuentran estudios relacionados, aunque

existen reportes como el realizado por Fortín y Perdomo (2009) que mencionan que hay una correlación positiva entre la densidad y número de partos, concentración de IgG (inmunoglobulina que transfiere inmunidad pasiva) y ganancia de peso de las crías; lo que quiere decir que a medida que aumenta el número de partos, hasta el tercero, aumenta la densidad; de igual manera a mayor densidad, mayor concentración de IgG y a mayor densidad mejor la ganancia de peso y concluyen que la densidad es un indicativo de la calidad del calostro.

Perfil metabólico sanguíneo

Metabolismo energético

Los niveles de glucosa al parto y los 60 días de lactancia hallados en el plasma sanguíneo de las ovejas suplementadas con Biocolina fueron menores en el tratamiento de 4 g/d (44.28 mg/dl; 46.16mg, respectivamente) en comparación con los otros dos tratamientos donde fueron más altos al parto (T1, 56 y T3, 55 mg/dl), encontrándose dentro del rango normal (40 a 56 mg/dl) de acuerdo a los rangos referenciados por el laboratorio. Por el contrario a los 60 días de lactancia se observó que el grupo control (57.83 mg/dl) y el grupo suplementado con 8 g/d (59.71 mg/dl) tuvieron valores por encima de dicho rango lo que puede sugerir que los animales presentaron estrés, el cual pudo deberse, según mencionan Bustamante et al. (2016), por las exigencias del periodo de transición, el mantenimiento de la lactosa en leche, ya que durante las primeras 8 semanas postparto, una hembra ovina producirá el 80% de la leche de todo el periodo de lactancia. ya que ante una situación. Esta situación de estrés estimula el eje hipotálamo-hipófisis-suprarrenal, que libera desde el hipotálamo la hormona liberadora de corticotropina (CRH), que actúa sobre la hipófisis y provoca la secreción de la hormona adrenocorticotropa (ACTH). La ACTH estimula las glándulas suprarrenales; así se liberan con ello glucocorticoides entre los cuales se encuentra el cortisol, el cual tiene una acción hipergluceante (Galván et al., 2014)

Los resultados encontrados para los niveles de colesterol al parto y a los 60 días de lactancia en el grupo control (59.28 y 53 mg/dl, respectivamente) se encuentran por encima del rango normal (40 a 48 mg/dl) de acuerdo a los rangos referenciados por el laboratorio, Estos resultados son similares a los encontrados por Nazifi et al. (2002)

quienes reportaron que una semana antes del parto las concentraciones de colesterol presentan valores más altos que en otros períodos (preparto y posparto), mencionan que estos cambios pueden estar dados por el incremento de la síntesis de triglicéridos hepáticos y secreción de VLDL (lipoproteínas de muy baja densidad) que hay en este periodo, aclaran también que el incremento de la lipólisis alrededor del parto es regulado por hormonas y no es una expresión de una deficiencia energética.

En cuanto a los tratamientos que fueron suplementados con colina 4 y 8 g/d de Biocolina, los niveles de colesterol se encontraron dentro del rango normal. A pesar de estos resultados estadísticamente no se encontraron diferencias significativas en los tratamientos, lo que quiere decir que la suplementación con Biocolina no tuvo ningún efecto.

Metabolismo proteico

Los niveles de urea al parto de las ovejas del grupo control (27.57 mg/dl) estuvieron dentro del rango normal (24.9 a 59.6 mg/dl) de acuerdo a los rangos referenciados por el laboratorio, mientras que para las hembras suplementadas con 4g/d (17.14 mg/dl) y 8 g/d (20.71 mg/dl) estuvieron por debajo del rango lo cual indica un balance proteico negativo relacionado con un bajo aporte de proteína en la dieta al parto, lo cual puede deberse a una baja relación entre metionina y lisina en la dieta, según recomendaciones del National Research Council (NRC) la relación Lis:Met debe ser 3:1, para que los requerimientos de estos dos aminoácidos sean cubiertos principalmente en dietas basadas en ensilaje de maíz, como la dieta de este estudio (Zarate et al., 2014; Bustamante et al., 2016; Duque-Quintero et al., 2017). Los resultados obtenidos para la suplementación de Biocolina se encuentran muy por debajo de resultados hallados por Zarate et al. (2014) quienes midieron metabolitos en ovejas texel en los periodos de preservicio (46 ± 10.0 mg/dl) y último tercio de gestación (51 ± 8.7 mg/dl), de igual forma en el estudio de Maza et al. (2011) quienes midieron metabolitos en ovejas criollas en gestación ($51,76 \pm 2,05$ mg/dl). En el periodo de lactancia los niveles de urea se encontraron dentro del rango normal (T1, 55.5 mg/dl; T2, 50.14 mg/dl; T3, 55.28 mg/dl) y más altos que los hallados por Zarate et al. (2014) para el mismo periodo (40 ± 12.5 mg/dl).

Los resultados obtenidos para la proteína total sanguínea al parto en los tres tratamientos se encontraron por debajo de los niveles normales (6.0 a 7.9 g/dl) de acuerdo a los rangos referenciados por el laboratorio, (T1, 4.39 g/dl; T2, 4.76 g/dl; T3, 5.42 g/dl) lo cual se puede deber a una disminución normal en este periodo ya que según menciona Couto (2010) conforme avanza la gestación y debido al aumento en los requerimientos de proteína fetal hay una disminución de proteína sanguínea en la madre. Estos resultados fueron similares a los reportados por Bustamante et al. (2016) para ovinos de pelo (5.82 ± 0.07 g/dl) y están por debajo de los resultados encontrados por Maza et al. (2011) en ovejas criollas en gestación (8.21 ± 0.13 g/dl), quien también señala que valores bajos en proteína sanguínea se pueden deber a un déficit de proteína en la dieta. Por otra parte, los resultados obtenidos con la suplementación de 4g/d de Biocolina (7.71 g/dl) a los 60 días de lactancia se encontraron dentro del rango normal, mientras que el grupo control y la suplementación de 8g/d (8.83 y 8.71 g/dl, respectivamente) están por encima de este rango, lo que se puede deber a una manifestación normal para este periodo ya que según mencionan Bustamante et al. (2016) se presenta una aceleración y redistribución de proteínas hacia la formación de calostro y la producción de leche.

Los niveles de albúmina hallados para el parto (T1, 3.77 g/dl; T2, 3.9 g/dl; T3, 4.04 g/dl) y a los 60 días de lactancia (T1, 4.58 g/dl; T2, 3.94 g/dl; T3, 4.75 g/dl) se encuentran por encima del rango (2.4 a 3.0 g/dl) de acuerdo a los rangos referenciados por el laboratorio, y son similares a los niveles de globulina encontrados para estos dos periodos: parto (T1, 3.77 g/dl; T2, 3.58 g/dl; T3, 3.38 g/dl) y 60 días de lactancia (T1, 4.25 g/dl; T2, 3.77 g/dl; T3, 4.01 g/dl), niveles que se encuentran dentro del rango normal (3.1 a 5.1 g/dl) reportado por Contreras et al. (2018). Los resultados hallados para albúmina y globulina son similares a los encontrados por Maza et al. (2011) en ovejas criollas en gestación (3.57 ± 0.06 g/dl; 4.53 ± 0.12 g/dl respectivamente) y a los encontrados por De Oliveira et al. (2014) en ovejas santa inés en gestación (3.18 ± 0.17 g/dl; 3.69 ± 1.63 respectivamente). La albúmina es considerada el indicador más sensible para evaluar el estatus nutricional proteico del animal y a diferencia de la urea es un indicador a largo plazo, lo que nos indica que la dieta de las ovejas utilizadas en este estudio en realidad no tuvo déficit de proteína ni en el parto ni en las primeras semanas de lactancia sin embargo los niveles altos de albúmina indican una posible deshidratación de los animales lo cual se puede dar

por la disminución de consumo al parto y el incremento de los requerimientos al inicio de la lactancia (Couto, 2010; De Oliveira et al, 2014; Bustamante et al, 2016). La relación entre albúmina y globulina fue menor a 1, observándose un leve aumento de la globulina al inicio de la lactancia lo cual concuerda con los resultados de Bustamante et al. (2016).

La creatinina se forma del metabolismo de la creatinina muscular y la fosfocreatina, y se relaciona con cambios o daños a nivel muscular, es considerada de gran importancia en pruebas laboratoriales relacionadas con problemas musculares y trastornos renales. La creatinina circula en el plasma y es llevada hacia los músculos como fuente de energía en la forma de fosfocreatinina (Couto, 2010). Los valores de creatinina en este estudio al parto en el grupo de suplementado con 4 g/d de Biocolina fueron menores (0.78 mg/dl) en comparación con el grupo control (0.85 mg/dl) y de 8g/d (1.02 mg/dl), encontrándose dentro del rango (0.6 a 1.5 mg/dl) reportado por Avellanet et al. (2007). Por otra parte, a los 60 días de lactancia los resultados fueron muy similares entre los tratamientos (T1, 0.9 mg/dl; T2, 0.92 mg/dl; T3, 1.1 mg/dl) y también estuvieron dentro de dicho rango. Los resultados obtenidos en este estudio fueron similares a los hallados por Maza et al. (2011) en ovejas criollas en gestación (0.88 ± 0.03 mg/dl) y a los obtenidos por Avellanet et al. (2007) en oveja xisqueta (0.98 ± 0.19). Campos et al. (2007) menciona que niveles altos creatinina indican que los animales tuvieron una mayor tendencia a cambios metabólicos de peso y a mayor catabolismo de tejido muscular, también mencionan que hay una correlación positiva entre los niveles de creatinina y la condición corporal.

Metabolismo mineral

Los valores encontrados en el presente estudio para calcio al parto (T1, 7.85 mg/dl; T2, 7.77 mg/dl; T3, 7.64 mg/dl) y a los 60 días de lactancia (T1, 7.43 mg/dl; T2, 7.31 mg/dl; T3, 7.5 mg/dl) estuvieron por debajo del rango normal (8.0 a 11.0 mg/dl) de acuerdo a los rangos referenciados por el laboratorio, lo que quiere decir que hubo deficiencias de este mineral a pesar que en la dieta se suministraron sales minerales, esto se pudo dar como consecuencia de lo crítico de este periodo ya que aumentan las demandas por el feto para el desarrollo de las estructuras óseas y por la producción de leche durante las primeras semanas de lactancia (Bustamante et al, 2016). Los resultados obtenidos en este estudio son similares a los reportados por Zárata et al. (2014) quienes encontraron niveles de

calcio al inicio de la lactancia de 7.1 ± 1.0 mg/dl en ovejas texel y estuvieron muy cercanos a los encontrados por Elnageeb y Adelatif (2010) quienes reportaron niveles de calcio al parto 8.00 ± 0.03 mg/dl y a los 60 días de lactancia de 8.03 ± 0.10 mg/dl en ovejas de lana en pastoreo.

Por otra parte los valores de fosforo al parto (T1, 3.7 mg/dl; T2, 3.98 mg/dl; T3, 3.67 mg/dl) estuvieron por debajo del rango normal (4.0 a 7.0 mg/dl), a los 69 días de lactancia en T1 (4 mg/dl) y T3 (4.01 mg/dl) estuvieron dentro de dicho rango, aunque levemente, por el contrario T2 (3.85 mg/dl) se encontró por debajo de dicho rango, según mencionan Bustamante et al (2016) la disminución de este mineral puede estar dada por su movilización ya que hay crecimiento acelerado del feto al final de la gestación, este mineral se requiere también para la mineralización ósea e interviene en la activación de procesos bioquímicos en la preparación de la glándula mamaria y formación de calostro, y en el periodo de lactancia es necesario este mineral para mantener la producción láctea.

Actividad hepática

En el presente estudio se encontraron niveles de fosfatasa alcalina al parto (T1, 24 $\mu\text{g./l}$; T2, 19.57 $\mu\text{g./l}$; T3, 25 $\mu\text{g./l}$) dentro del rango normal (10 a 50 $\mu\text{g./l}$) según rango reportado por el laboratorio, de igual forma los niveles de esta enzima a los 60 días de lactancia (T1, 38.83 $\mu\text{g./l}$; T2, 43.57 $\mu\text{g./l}$; T3, 50.28 $\mu\text{g./l}$) están dentro de dicho rango. Según menciona Couto (2010) los niveles séricos normales de esta enzima cambian mucho, por lo que solo desvíos muy grandes pueden ser valiosos, esto deriva que la detección de afecciones como la colestasis (obstrucción del flujo de bilis del hígado) en los rumiantes por medio de esta enzima no sea fiable.

Los resultados obtenidos para la enzima deshidrogenasa láctica al parto (T1, 90.85 $\mu\text{g/l}$; T2, 84.14 $\mu\text{g/l}$; T3, 87.57 $\mu\text{g/l}$) y a los 60 días de lactancia (T1, 86.5 $\mu\text{g/l}$; T2, 77.57 $\mu\text{g/l}$; T3, 84.85 $\mu\text{g/l}$) estuvieron dentro del rango (50 a 150 $\mu\text{g/l}$) referenciados por el laboratorio., según menciona Montalvo-Javé et al. (2011) esta enzima es un indicador de daño hepático por lo que según los resultados obtenidos en este estudio se puede decir que las ovejas no sufrieron ninguna alteración en este sentido, ya que como se mencionó anteriormente en este periodo (gestación-lactancia) hay una acumulación de triglicéridos en el hígado causando un inadecuado funcionamiento hepático.

Según mencionan Cal-Pereyra et al. (2012) existe una correlación positiva entre la actividad sérica de la enzima aspartato aminotransferasa (AST) y el grado de vacuolización hepática lo cual indica que esta enzima puede ser un indicador precoz y fiable del daño hepático en ovejas con Toxemia de la gestación clínica. Niveles altos de esta enzima indican el mal funcionamiento del hígado (Idme, 2015). En el presente estudio los niveles de esta enzima en el parto (T1, 14.7 µg/l; T2, 15.08 µg/l; T3, 17.5 µg/l) y a los 60 días de lactancia (T1, 17.75 µg/l; T2, 21.1 µg/l; T3, 22.58 µg/l) se encontraron por debajo del rango normal (31 a 111 µg/l) reportado por el laboratorio.

CONCLUSIONES

- La administración de tres niveles de Biocolina no presentó efectos sobre peso y condición corporal, sin embargo, la dosis de 4 g/día presentó la menor alteración, lo cual también se ve confirmado los bajos niveles de creatinina sérica, lo que nos puede indicar que el número de unidades experimentales fue determinante para que el efecto de la Biocolina no se viera reflejado estadísticamente.
- La administración de tres niveles de Biocolina en ovejas en transición sobre la producción y composición leche no tuvo efecto, pudo deberse a la relación Lis:Met que limito poder observar el efecto de la Biocolina, por otra parte el suministro de una dosis creciente de Biocolina puede mejorar la composición del calostro y por ende su calidad.
- Los cambios metabólicos que sufrieron las hembras en este estudio evidencian que en cuanto al metabolismo energético la dosis de 4 g/d de Biocolina mantuvo estables tanto los niveles de glucosa como de colesterol evitando el balance energético negativo propio del periodo de transición. Por otra parte, en la actividad enzimática a pesar de no haber efectos significativos se muestra un adecuado funcionamiento hepático en las ovejas. El metabolismo proteico evidencio el déficit de proteína en la dieta lo que pudo haber sido causado por una relación Lis:Met baja sin embargo es difícil saber ya que no se hizo un análisis del contenido de aminoácidos en la dieta.

LITERATURA CITADA

Aldaz W. (2012). Utilización de tres dosis de cloruro de colina en la alimentación de terneros mestizos desde la semana de edad hasta los tres meses en la finca las Malvinas de la parroquia Guasaganda. Unidad de ciencias agropecuarias y recursos naturales “Caren”. Universidad técnica de Cotopaxi. Ecuador.

Álvarez L. y Gutiérrez J. (2004). Enfermedades metabólicas en caprinos. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma México.

Ángeles J., M. González, J. Rocha, S. Ángeles y L. García (2014). Producción de leche de oveja en México. Revista del Borrego. Número 86.

AOAC. (1995). Official methods of analysis. 15th edition. Association of Official Analytical Chemists, Inc., Arlington, Virginia, USA.

Avellanet R., R. Cuenca, J. Pastor y J. Jordana. (2007). Parámetros hematológicos y bioquímico clínicos en la raza ovina xisqueta. Arch. Zootec. 56 (Sup. 1): 497-501.

Baldi A. y Pinotti L. (2006). Choline metabolism in high-producing dairy cows: Metabolic and nutritional basis. Can J. Anim. Sci. 86: 207–212.

Bencini R. y Pulina G. (1997). The quality of sheep milk: a review. Australian Journal of Experimental Agriculture, 37, 485–504.

Blanco M. y Pérez M. (s/f). Situación de la leche en México. Curso: La leche y el queso en la mesa. Universidad Nacional Autónoma de México.

Bobadilla-Soto E., J.P. Flores-Padilla y M. Perea-Peña. (2017). Comercio exterior del sector ovino mexicano antes y después del Tratado de Libre Comercio con América del Norte. Economía y Sociedad, vol. XXI, núm. 37, pp. 35-49. ISSN: 1870-414X.

Bryant T., J. Rivera, M. Galyean, G. Duff, D. Hallford, T. Montgomery. (1999). Effects of dietary level of ruminally protected choline on performance and carcass characteristics of finishing beef steers and on growth and serum Metabolites in lambs. *J. Anim. Sci.* 77:2893–2903.

Bustamante M. J., L. A. Maza, C. C. Rugeles, J. C. Simanca, R.M. Patiño y O. D. Vergara. (2016). Determinación del perfil metabólico durante el periodo gestación-lactancia en hembras ovinas de pelo en Córdoba, Colombia. *Rev. Fac. Cs. Vets. UCV.* 57(2):114-124. ISSN: 0258-6576.

Cal-Pereyra L., A. Benech, S. Da Silva, A. Martín, J.R. González-Montaña. (2011). Metabolismo energético en ovejas gestantes esquiladas y no esquiladas sometidas a dos planos nutricionales. Efecto sobre las reservas energéticas de sus corderos. *Arch. Med. Vet.* 43, 277-285.

Cal-Pereyra L., J. Acosta-Dibarrat, A. Benech, S. Da Silva, A. Martín y J. González-Montana (2012). Toxemia de la gestación en ovejas, Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias.* Volumen 3. Número 2. p 248, 250

Campos R., C. Cubillos y A. G. Rodas. (2007). Indicadores metabólicos en razas lecheras especializadas en condiciones tropicales en Colombia. *Acta Agronómica,* Vol. 56, Núm. 2.

Campos R. y Jaramillo L. (2008). Estrés y factores asociados al periparto en bovinos. *Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira.* p 3.

Cavini S. (2014). El uso de aditivos zootécnicos en pequeños rumiantes en sistema intensivo y condiciones de campo. *Universidad Autónoma de Barcelona.* Bellaterra.

Contreras P. A., F. Wittwer y H. Böhmwald. (2018). Uso dos perfis metabólicos no monitoramento nutricional dos ovinos. Doze leituras em bioquímica clínica veterinária. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Cap. 7 p. 77. ISBN 978-85-66094-39-8

Couto A. K. (2010). Tesis doctoral: caracterización genética y perfil hematológico y bioquímico en ovinos de raza “criolla lanada serrana” del plan alto serrano catarinense – Santa Catarina, Brasil. Universidad de león. Facultad de veterinaria. España.

Crosby M. M., G. D. Mendoza-Martinez, A. Relling, A. Vazquez-Valladolid, H. A. Lee-Rangel, J. A. Martinez, y M. Oviedo. (2017). Influence of supplemental choline on milk yield, fatty acid profile, and postpartum weight changes in suckling ewes. *Journal of dairy science*. 100 (Suppl. 2) 125 (abstr).

Cuellar O.J.A., P.J. Tortora, G.A. Trejo, R.P. Román (2012). La producción ovina mexicana. Particularidades y complejidades. Ed. FES-Cuautitlan UNAM, SAGARPA.

Davidson S., B. A. Hopkins, J. Odle, C. Brownie, V. Fellner y L. W. Whitlow. (2008). Supplementing Limited Methionine Diets with Rumen-Protected Methionine, Betaine, and Choline in Early Lactation Holstein Cows. *J. Dairy Sci.* Vol. 91 N°4:1552–1559

De Oliveira R. P., A.H. Passos, E. Silva, F. Ferreira. (2014). Perfil metabólico de ovelhas santa inês em diferentes fases de gestação criadas em sistema semi-intensivo no estado do amazonas. *Cienc. anim. bras.*, Goiânia, v.15, n.1.

Duque-Quintero M., R. Rosero-Noguera y M. Olivera-Ángel. (2017). Digestion de materia seca, proteína cruda y aminoácidos de la dieta de vacas lecheras. *Agron. Mesoam.* 28(2):341-356. ISSN 2215-3608.

Elnageeb E. A., A. M. Adelatif. (2010). The minerals profile in desert ewes (*Ovis aries*): Effect of pregnancy, lactation and dietary supplementation. *American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci.*; 7(1):18-30. ISSN 1818-6769

Erdman R. A. y B. K. Sharma. (1991). Effect of Dietary Rumen-Protected Choline in Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 74:1641-1647.

FAO. Estadísticas de población ovina en el mundo. (2016). faostat.fao.org, 13/03/2018

FAO. Estadísticas de producción de leche ovina en el mundo. (2016). faostat.fao.org, 13/03/2018

Fernández A. (2015). Restricción alimenticia en ovinos: respuesta endocrino-metabólica dependiente de las reservas corporales. Facultad de veterinaria. Universidad de la república. Uruguay.

Fortín A. M. y J. J. Perdomo. (2009). Tesis: Determinación de la calidad del calostro bovino a partir de la densidad y de la concentración de IgG y del número de partos de la vaca y su efecto en el desarrollo de los terneros hasta los 30 días de edad. Ciencia y producción agropecuaria. Honduras.

Galván C., C. Rugeles y O.Vergara. (2014). Variación de las concentraciones séricas de glucosa y proteínas durante el día en ovinos de diferente sexo. *Rev. Med. Vet.* N.º 28, páginas 57-66. ISSN 0122-9354.

Galvis R., D. Agudelo, A. Saffon. (2007). Condición corporal, perfil de lipoproteínas y actividad ovárica en vacas Holstein en lactancia temprana. *Rev. Col. Cienc. Pec.* Vol. 20:1

García Y. y. García. (2015) Additives for animal feeding: The Institute of Animal Science on its 50 years. *Cuban Journal of Agricultural Science*, Volume 49, Number 2.

Giuliodori M. (2011). El periparto en las vacas lecheras: balance energético, actividad ovárica, salud uterina y eficiencia reproductiva. Facultad de ciencias veterinarias. Universidad nacional de la plata. Argentina.

Glauber C. E. (2007). Fisiología de la lactación en la vaca lechera. Veterinaria Argentina, Buenos Aires. 24(234):274-281.

Godinez-Cruz J., O. Cifuentes-Lopez, J. Cayetano, H. Lee-Rangel, G. Mendoza, A. Vazquez y A. Roque (2015). Effect of choline inclusion on lamb performance and meat characteristics. Journal of Animal Science. Vol. 93.

Haenlein G. y W. Wendorff. (2006). Sheep Milk. Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals. Blackwell Publishers.

Herrera J., H. Jordán y A.F Senra. (2010). Aspectos del manejo y alimentación de la reproductora ovina Pelibuey en Cuba. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol. 44, núm. 3, 2010, pp. 211-219. ISSN: 0034-7485.

Hutjens M. (2013). Fisiología digestiva y uso de aditivos alimenticios en rumiantes. XXIX Curso de especialización FEDNA. Madrid. p 17.

Ida H. y S. Olivera. (2018). Suplementación Colina Vegetal ¿Realidad o Mito? Nutrinews. nutricionanimal.info

Idme R. (2015). Tesis: determinación del daño hepático causado por la fasciolosis crónica en bovinos y ovinos utilizando marcadores enzimáticos. Facultad de medicina veterinaria y zootecnia. Universidad nacional del altiplano – puno. Perú.

King B. y R. Rompala. (1998). Method for enhancing feed efficiency in ruminants with an encapsulating choline composition. United States Patent.

Leiva T., F. Cooke, A. Brandão, R. Marques, y J. Vasconcelos (2015). Effects of rumen-protected choline supplementation on metabolic and performance responses of transition dairy cows. Journal Animal Science. 93.

Li H., H. Wang, L. Yu, M. Wang, S. Liu, L. Sun y Q. Chen. (2015). Effects of supplementation of rumen-protected choline on growth performance, meat quality and gene expression in longissimus dorsi muscle of lambs. *Archives of Animal Nutrition*, Vol. 69, No. 5, 340–350.

Lima F., S. Sá Filho, L. Greco y J. Santos (2012). Effects of feeding rumen-protected choline on incidence of diseases and reproduction of dairy cows. *The Veterianry Journal*. 193.

López R. (2007). Periodo de transición en vaca productoras de leche. División regional de ciencia animal. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México.

Marín M., C. Ríos, H. Contreras, J. Robles y P. Meléndez (2011). Ácidos grasos no esterificados al parto y su relación con la producción lechera en vacas Holstein. *Archivos de Zootecnia*. Vol 60. Número 230. p 258.

Martínez L. (2012). Efecto del nivel de colina protegida del rumen en el desempeño y características de la canal de corderos de engorda. Facultad de medicina veterinaria y zootecnia y facultad de agronomía. Universidad autónoma de nuevo león. México.

Maza L., J. Cardona, O. Vergara. (2011). Análisis del perfil metabólico de hembras ovinas criollas gestantes en condiciones de pastoreo extensivo. *Revista Científica, FCV-LUZ / Vol. XXI, N° 4, 335 – 339. ISSN: 0798-2259.*

Medrano J.A. (2000). Recursos animales locales del centro de México. *Archivos de Zootecnia*, vol. 49, núm. 187, Universidad de Córdoba. Córdoba, España. pp. 385- 390. ISSN: 0004-0592.

Mojica M. y Paoella M. (s/f). BioCholinePowder® Colina Natural Esterificada Altamente Biodisponible. TECHNOFEED América Latina.

Monroy J. I. (2018). Informe de resultados: química sanguínea 12 elementos en suero (más creatinina, glucosa y proteínas totales). LACLIVET Laboratorio de análisis clínicos veterinarios.

Montalvo-Javé E. E., M. A. García-Puig, T. Escalante-Tattersfield, J. Peña-Sánchez, H. Vázquez-Meza y J. A. Ortega-Salgado. (2011). Caracterización bioquímica y niveles de lipoperoxidación en el preacondicionamiento hepático. Cirugia y Cirujanos. Volumen 79, No. 2. 132-140.

Montossi F., I. De Barbieri, M. Nolla, S. Luzardo, A. Mederos y R. San Julián (2005). El manejo de la condición corporal en la oveja de cría: Una herramienta disponible para la mejora de la eficiencia reproductiva en sistemas ganaderos. Seminario de reproducción ovina. INIA, Programa Nacional de ovinos y caprinos. Uruguay. p 50

Montoya J., H. Correa y R. Galvis (2015). Efecto de colina y metionina protegidas sobre el consumo, la movilización lipídica, producción y composición de la leche en vacas Holstein. Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia. Volumen 10. Número 2. p 180. ISSN 1900-9607.

National Research Council (2007). Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. Ed. The national academies press. Washington D.C. ISBN 0-309-10213-8.

Nazifi S., M. Saeb y M. Ghavami. (2002). Serum lipid profile in iranian fat-tailed sheep in late pregnancy, at parturition and during the post-parturition period. J. Vet. Med. A 49, 9-12. ISSN 0931-184X.

Olayo A. (2012). Cátedra de reproducción y genética en ovinos y caprinos. “curva de producción de leche de oveja”. Facultad de estudios superiores Cuautitlán. Universidad Nacional Autónoma de México.

Pinotti, L. (2012). Vitamin-Like supplementation in dairy ruminants: The case of choline. Chapter 3.

Relling A. E. y G. A. Mattioli. (s/f). Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes. actualización del libro "Fisiología Digestiva y Metabólica de los Rumiantes" de Editorial EDULP (Ediciones 2002 y 2003). Cátedra de Fisiología. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de la Plata.

Rodríguez-Guerrero V., A. Lizarazo, S. Ferraro, N. Suárez, L. Miranda, G. Mendoza. (2018) Effect of herbal choline and rumen-protected methionine on lamb performance and blood metabolites. South African Journal of Animal Science, 48 (No. 3).

Russel A.J.F., J.M. Doney y R.G. Gunn (1969). Subjective assessment of body fat in live sheep. J. Agric. Sci., Camb., 72: 51-54.

Sanders L. y S. H. Zeisel, (2007). Choline. Dietary Requirements and Role in Brain Development. Nutrition Today. Volume 42. Number 4.

Sepúlveda P. y F. Wittwer. (2017). Período de transición: Importancia en la salud y bienestar de vacas lecheras. Proyecto “Desarrollo e implementación de indicadores y planes de acción para mejorar la salud y bienestar de vacas lecheras durante el período de transición”. Universidad Austral de Chile. ISBN 978-956-390-030-9

SIAP. Resumen Pecuario por Estado-Región. (2016). SAGARPA, México. 10/03/2018

UNAM. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Secretaria de centros de enseñanza, investigación y extensión. Cepipsa. (2016). <http://www.fmvz.unam.mx/zootecnia/cepipsa.html>, 25/07/2018

Xu G., J. Ye, J. Liu y. Yu. (2006). Effect of Rumen-protected Choline Addition on Milk Performance and Blood Metabolic Parameters in Transition Dairy Cows. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* Vol 19, No. 3, 390-395

Zárate R., R. Pedrozo, R. Acosta, M. Lara, M. Báez, A. González (2014). Perfiles metabólicos en ovejas texel en los periodos de preservicio, último tercio de gestación e inicio de lactancia. *Compend. cienc. vet.*, 04 (02), 39 – 46. ISSN 2226-1761

Zeisel, S. H., K.A. Da Costa, P. D. Franklin, E. A. Alexander, J. T. Lamont, N. F. Sheard y A. Beiser. (1991). Choline, an essential nutrient for humans. *FASEB J.* 5:2093–2098.