



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA Y VETERINARIA**



**EFFECTO DE LA METIONINA Y COLINA PROTEGIDAS EN LA PRODUCCIÓN**  
**Y CALIDAD DE LECHE EN VACAS HOLSTEIN**

**Por:**

**IAZ. Fulgencio Rodríguez Ferretiz**

**Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Maestría en Ciencia**  
**Agropecuarias.**



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA Y VETERINARIA**



**EFFECTO DE METIONINA Y COLINA PROTEGIDAS EN LA PRODUCCIÓN Y  
CALIDAD DE LECHE EN VACAS HOLSTEIN**

**Por:**

**IAZ. Fulgencio Rodríguez Ferretiz**

**Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Maestría en Ciencia  
Agropecuarias.**

**ASESORES:**

**Dr. Héctor Aarón Lee Rangel**

**Dr. Juan Manuel Pinos Rodríguez**

**Dr. Cesar Augusto Rosales Nieto**

**Dr. Rubén Oswaldo Cifuentes López**

El trabajo titulado “**EFECTO DE LA METIONINA Y COLINA PROTEGIDAS EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LECHE EN VACAS HOLSTEIN**” Fue realizado por: **Fulgencio Rodríguez Ferretiz**, Como requisito parcial para obtener el título de **Maestra en Ciencias Agropecuarias**, en la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí y fue revisado y Aprobado por el suscrito Comité de Tesis.

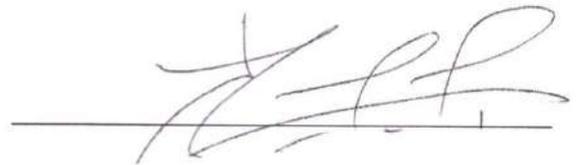
Dr. Héctor Aarón Lee Rangel

Asesor Principal

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'H. Lee Rangel', written over a horizontal line.

Dr. Juan Manuel Pinos Rodríguez

Asesor

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'J.M. Pinos Rodríguez', written over a horizontal line.

Dr. Cesar Augusto Rosales Nieto

Asesor

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'C.A. Rosales Nieto', written over a horizontal line.

Ejido Palma de la Cruz, Municipio de Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P., a los 31 días del mes de enero de 2019.

## DEDICATORIA

A **Dios**, por ser la luz que me guía en mi camino, por darme la fortaleza que necesito cada día para seguir mi misión aquí en la tierra y por darme la satisfacción de grandes logros como el presente documento y de estar rodeado de maravillosas personas.

A **mis Padres, Fulgencio Rodríguez Montante y Ma. Jovita Ferretiz Acosta**, Por darme la vida y una formación de mi persona que me ha llevado a tener grandes logros en mi vida como el presente.

A **mis Hermanos, Francisco Javier, Ma. Carmen, Rolando; Rebeca, Ma. Guadalupe, Ana Rosa y Juan Esteban**, y sin dejar a lado a la niña más hermosa del mundo a mi sobrina **Dania**, les dedico este paso en mi vida como agradecimiento por su apoyo y aunque no se los diga a todos los QUIERO MUCHO, son parte de mi vida y estaré siempre para ustedes.

## AGRADECIMIENTOS

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

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 mis asesores **Dr. Héctor Aarón Lee Rangel** y **Dr. Juan Manuel Pinos Rodríguez** gracias por transmitirme sus conocimientos, por su apoyo, su paciencia, su confianza y su orientación en mi desarrollo como persona y profesional.

A **mis amigos y compañeros** en especial a **Juan Manuel Vázquez García** y **Francisco Juárez**, por ser grandes amigos y compañero en las buenas y en las malas y por ser esas persona extraordinarias de los cuales aprendí mucho y reiterarles mi amistad. A **Elena Villalobos**, por su amistad, por enseñarme que todo en esta vida es posible y a valorar lo que tienes y quien te rodea, a **Fátima Sánchez Monsiváis** por ser una gran amiga y motivarme siempre a seguir adelante, **Aracely Mena** y **Nydia Suarez** por su apoyo, su ayuda y por su amistad; ha sido un gran honor compartir con ustedes este proceso de formación.

Al **IAZ. Martín Castillo**, por darme la oportunidad de trabajar en la unidad lechera de la facultad de agronomía y veterinaria de la UASLP.

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 **TecnoFeed México S.A.** e **Indian Herbs Co.** Por el proporcionarme los productos herbarios para la fase experimental.

## CONTENIDO

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
CONTENIDO .....	v
INDICE DE FIGURAS.....	vii
INDICE DE CUADROS.....	vii
RESUMEN.....	ix
SUMMARY.....	x
INTRODUCCIÓN .....	1
Justificación.....	3
Hipótesis.....	3
Objetivo general.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
Producción actual de leche en México.....	4
Composición Química de la leche .....	4
Alimentación en Ganado Lechero .....	5
Periodo de transición en Ganado lechero.....	5
Suplementación con Aminoácidos .....	6
Metionina.....	7
Colina .....	7
Relación Colina-Metionina.....	8
MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
Ubicación.....	10

<b>Tratamientos.....</b>	<b>10</b>
<b>Variables a medir.....</b>	<b>10</b>
<b>Alimentación.....</b>	<b>11</b>
<b>Diseño experimental y Análisis de datos.....</b>	<b>12</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>13</b>
<b>Urea Plasmática, mg/dL.....</b>	<b>15</b>
<b>Colesterol Plasmático, mg/dL.....</b>	<b>16</b>
<b>AST Plasmático, UI.....</b>	<b>17</b>
<b>CONCLUSIÓN.....</b>	<b>18</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>19</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Composición química de varios tipos de leche, Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura, (FIRA), 2001.....	<b>5</b>
<b>Figura 2.</b> Efecto de la suplementación con Biocolina y OptiMetionona sobre la concentración plasmática de urea en vacas Holstein en lactancia.....	<b>15</b>
<b>Figura 3.</b> Efecto de la suplementación con Biocolina y OptiMetionona sobre la concentración plasmática de colesterol en vacas Holstein en lactancia.....	<b>16</b>
<b>Figura 4.</b> Efecto de la suplementación con Biocolina y OptiMetionona sobre la concentración plasmática de AST en vacas Holstein en lactancia.....	<b>17</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 2.</b> Efecto de la suplementación con Biocolina y OptiMetionona sobre la producción y composición de leche de vacas Holstein en lactancia.....	<b>11</b>
<b>Cuadro 1.</b> Dieta para experimento de herbometionina y Biocolina.....	<b>19</b>

## RESUMEN

En México, la leche y productos de ganado bovino son parte de la canasta básica de la población. El “periodo de transición” es uno de los momentos más críticos de la vaca lechera por el desbalance metabólico relacionado con los nutrientes, este periodo se muestra a finales de la gestación y después del parto, algunos autores consideran 3 semanas antes del parto y 3 semanas después. La información sobre los efectos de un adecuado aporte y balance de aminoácidos y vitaminas en vacas lecheras aun es incierta especialmente en el entendimiento de la relación metabólica. Se sabe que algunos aminoácidos limitantes como la metionina y la colina están estrechamente ligados a la producción de leche. Debido a la relación entre la colina y la metionina son considerados como limitantes en el metabolismo y se ve reflejado en la vida productiva del ganado lechero. De tal manera al adicionar metionina y colina a la dieta basal aumentara lala producción y características químicas de la leche, así mismo se mejorara la condición corporal. Se utilizaron 32 vacas de la raza Holstein en producción que fueron aleatoriamente distribuidas definidas como 1.-testigo, 2.- 15gr colina, 3.- 20gr metionina y 4.- 15gr colina + 20 gr metionina, con una duración de 60 días. Las variables a medir serán la producción de leche diaria, condición corporal, digestibilidad, consumo de metabolitos sanguíneos, y con 8 repeticiones de cada uno, con una dieta basal (16.30 de PC y 2.08 Mcal/kg de ED). La producción de leche mostro cambios significativos ( $p \geq 0.05$ ) entre tratamientos, donde el tratamiento de suplementación con optimetionina fue menor que los otros tratamientos. La composición química de la leche no mostro diferencias entre tratamientos ( $P < 0.05$ ). En los resultados obtenidos para enzimas hepáticas (AST) tenemos diferencias significativas ( $P < 0.05$ ), los tratamientos con Biocolina disminuyeron la actividad de aspartato transferasa respecto a los tratamientos que no la recibieron. La producción de leche no mejora por efecto de la suplementación con las fuentes herbales evaluadas de colina y metionina. Las concentraciones de urea y colesterol no se ven afectados pero la adición de Biocolina disminuye la actividad de AST hepático.

Palabras Clave: Ganado lechero, Aminoácidos, Periodo de Transición, Metabolismo.

## SUMMARY

In Mexico, milk and cattle products are part of the basic basket of the population. The "transition period" is one of the most critical moments of the dairy cow due to the metabolic imbalance related to nutrients, this period is shown at the end of gestation and after delivery, some authors consider 3 weeks before delivery and 3 weeks later. The information on the effects of an adequate intake and balance of amino acids and vitamins in dairy cows is still uncertain especially in the understanding of the metabolic relationship. It is known that some limiting amino acids such as methionine and choline are closely linked to the production of milk. Due to the relationship between choline and methionine are considered as limiting metabolism and is reflected in the productive life of dairy cattle. In such a way when adding methionine and choline to the basal diet will increase the production and chemical characteristics of the milk, likewise the corporal condition will be improved. We used 32 Holstein cows in production that were randomly distributed defined as 1.-control, 2.- 15gr hill, 3.- 20gr methionine and 4.- 15gr hill + 20 gr methionine, with a duration of 60 days. The variables to be measured will be daily milk production, body condition, digestibility, consumption of blood metabolites, and with 8 repetitions of each, with a basal diet (16.30 of PC and 2.08 Mcal / kg of ED). Milk production showed significant changes ( $p \geq 0.05$ ) between treatments, where the supplementation treatment with optimetionine was lower than the other treatments. The chemical composition of the milk did not show differences between treatments ( $P < 0.05$ ). In the results obtained for liver enzymes (AST) we have significant differences ( $P < 0.05$ ), the treatments with Biocolina decreased the activity of aspartate transferase with respect to the treatments that did not receive it. The production of milk does not improve due to the effect of supplementation with the evaluated herbal sources of choline and methionine. The concentrations of urea and cholesterol are not affected but the addition of Biocolina decreases the activity of hepatic AST.

Key Words: Dairy Cattle, Amino Acids, Transition Period, Metabolism.

## INTRODUCCIÓN

En México, la leche de ganado bovino es un producto de gran relevancia en el subsector pecuario debido a su importancia como alimento básico para el desarrollo de la población y su creciente consumo en diferentes edades. (Espinosa et al., 2008). Sin embargo, la producción de leche representa la quinta parte del valor total de la producción nacional pecuaria, siendo la tercera en importancia superando a la producción de cerdo y huevo (CANILEC, 2016).

El sector lechero muestra uno de los momentos más críticos de su ciclo productivo llamado “periodo de transición”, establecido en las tres últimas semanas antes del parto (periodo seco preparto) y las tres primeras semanas después del parto (posparto), (Lager y Jordan, 2012). Este corto periodo de tiempo está acompañado de una gran cantidad de cambios fisiológicos, endocrinos, anatómicos y metabólicos de la mayor magnitud a los ocurridos en las demás etapas del ciclo productivo de las vacas. Además de los aspectos mencionados anteriormente, en muchos hatos lecheros se le presta poca atención al manejo de las vacas en transición, llegando a considerar a la vaca seca gestante, como improductiva y de bajos requerimientos, brindándole una dieta de bajo contenido energético y proteico y con altas concentraciones de fibra (Gallardo *et al.*, 2000).

En estas circunstancias el animal queda expuesto a unas condiciones críticas a las cuales trata de adaptarse para suplir las deficiencias en los requerimientos por medio de la movilización de reservas corporales, constituidas principalmente por lípidos concentrados en los adipocitos y en menor proporción, por las proteínas musculares y minerales óseos, (Montoya *et al.*, 2015).. En consecuencia los procesos de adaptación a estos cambios, resulta en una serie de alteraciones productivas y patológicas que se manifiestan como enfermedades de periparto, como hígado graso, cetosis y desplazamiento de abomaso. Es de vital importancia para la producción lechera poder reducir estas afecciones debido a su impacto en los animales que presentan algunas de estas patologías anteriormente mencionadas. Debido a que el metabolismo energético es el que presenta mayores probabilidades de alteración, se han evaluado diversas estrategias de alimentación y uso de aditivos alimenticios que permiten menguar estas

alteraciones. En estudios previos la metionina y la colina han mostrado un potencial importante como factores lipotropicos, (Montoya *et al.*, 2015).

La información sobre los efectos de un adecuado aporte y balance de aminoácidos limitantes es aun escasa sobre el crecimiento de la eficiencia en el uso de la proteína y el mejoramiento de la respuesta productiva en vacas lecheras (Robinson, 2010). Uno de los aminoácidos más frecuentes considerado como potencialmente limitante en el ganado vacuno lechero es la metionina (Schawb, 1996). Sin embargo, la dosis, frecuencia y forma de suministro no han sido determinadas claramente según (Montoya *et al.*, 2015). La colina es considerada como una vitamina y juega un papel importante en el metabolismo de los animales, es también una fuente importante de grupos metil y existe una estrecha relación entre la cantidad de metionina absorbida y las necesidades de colina, estimándose que más del 30% de la metionina absorbida es sintetizada por las vacas para producir colina. (Torres, 1998).

Debido a la relación metabólica que existe entre la colina y la metionina, observada al emplear suplementos con metionina puede considerarse como donador de grupos metilo y precursor de la síntesis de colina (Baker, 1995).

En un estudio previo Montoya *et al.*, (2015) encontró que al dar colina protegida solo se degrado un 3.2%, lo cual indica que hay un poco degradación de la colina en la fermentación ruminal, similares en comparación de los datos de Lynch (2008), indican que que solo un 2.62% de colina es degradada en la fermentación ruminal, esto después de 48 h de incubación. Al igual que la colina, la metionina es degradada por el rumen si no es dada de manera protegida, (Montoya *et al.*, 2015). Que el tratamiento con metionina protegida muestra un 55.7% de degradación en el rumen a las 48 h. también encontró que al suplementar con colina y metionina a las vacas lecheras las vacas suplementadas con diferentes niveles de colina+metionina produjeron un Total de L/vaca/día de 26.5 mayor en comparación a las que no fueron suplementadas con dichos nutrientes y su producción fue de Total L/vaca/día de 24.2. (Montoya *et al.*, 2015).

## **JUSTIFICACIÓN**

Una elevada producción de leche en un sistema tecnificado requiere de adecuado manejo, sanidad y nutrientes en calidad y cantidad adecuados para cubrir los requerimientos de productividad y metabólicos al mismo tiempo, mejorar la salud y bienestar del animal. Existen aminoácidos específicos como la metionina y algunas vitaminas hidrosolubles como la colina que han demostrado tener un efecto positivo como aditivos en la alimentación del ganado mejorando la producción y la calidad de leche en vacas con alta productividad, y contribuyen a hacer más eficiente el metabolismo proteico y energético del animal.

## **HIPÓTESIS**

La metionina y colina aumentarán la producción y composición de la leche, así mismo mejorarán la condición corporal, cambio de peso e índices reproductivos en vacas lecheras.

## **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de la metionina y colina como aditivo en la dieta de vacas Holstein, sobre la producción y composición de leche, así como en la condición corporal.

## **REVISIÓN DE LITERATURA**

### **Producción actual de leche en México**

La ganadería en nuestro país es de suma importancia ya que de ello se obtiene un alimento básico para las familias, la leche es uno de los alimentos más completos para el ser humano, dadas las características de sus nutrientes, en donde se destacan las proteínas que contienen gran cantidad de aminoácidos esenciales, (Torres, 2015).

En México, la leche de ganado bovino es un producto de suma importancia como alimento básico para el desarrollo de la población y su creciente de consumo en diferentes edades. (Espinosa et al., 2008). Sin embargo, la producción de leche representa la quinta parte del valor total de la producción nacional pecuaria, siendo la tercera en importancia superando a la producción de cerdo y huevo (CANILEC, 2016).

Cada año en México ha mantenido una tendencia al crecimiento en el sector lechero según reporte emitido por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), de acuerdo a SIAP (2016), al término del cuarto trimestre del año 2016, la producción de leche alcanzo 11 mil 607 millones 493 mil litros, poco más de 32 millones de litros al día, que en comparación al mismo periodo del año 2015 tuvo un incremento del 1.9% más.

### **Composición Química de la leche**

La producción de leche y su composición química varían según las diferentes razas que existe de ganado bovino, la raza holstein en particular es una de las más productora de leche, pero sin embargo la de menor porcentaje de grasa comparada con las demás razas especializadas en la producción de leche. La leche bronca en las cinco principales razas bovinas productoras de leche tiene la siguiente composición (Chandomi y Lluís, 2015).

Raza	Agua	Proteína	Grasa	Lactosa	Ceniza
<b>Ayrshire</b>	87.11	3.28	4.03	4.91	0.67
<b>P. Suiza</b>	86.79	3.51	3.95	5.01	0.74
<b>Guernesey</b>	85.76	3.66	4.91	4.95	0.72
<b>Holstein</b>	87.93	3.08	3.53	4.78	0.68
<b>Jersey</b>	84.96	3.88	5.43	4.99	0.74

**Figura 1.** Composición química de varios tipos de leche, Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura, (FIRA), 2001.

### **Alimentación en Ganado Lechero**

Una alimentación adecuada y que cubra todos los requerimientos nutricionales de las vacas lechera es fundamental y de gran impacto en la salud animal, lo cual repercute en la producción en vacas. De igual manera Loo *et al*, (2007), menciona la importancia del manejo de la alimentación, el cual es fundamental para la adaptación en los cambios metabólicos que ocurren en el periodo de transición en vacas lecheras.

### **Periodo de transición en Ganado lechero**

El ganado lechero, en particular el que se encuentra en producción enfrentan algunas complicaciones debido al desgaste al cual está expuesto, uno de ellos y de suma importancia es llamado “periodo de transición”, establecido en las tres últimas semanas antes del parto (periodo seco preparto) y las tres primeras semanas después del parto (posparto), (Lager y Jordan, 2012). Este corto periodo de tiempo está acompañado de una gran cantidad de cambios fisiológicos, endocrinos, anatómicos y metabólicos de la

mayor magnitud a los ocurridos en las demás etapas del ciclo productivo de las vacas. Además de los aspectos mencionados anteriormente, en muchos hatos lecheros se le presta poca atención al manejo de las vacas en transición, llegando a considerar a la vaca seca como improductiva y de bajos requerimientos, brindándole una dieta de bajo contenido energético y proteico y con altas concentraciones de fibra (Gallardo *et al.*, 2000).

En estas circunstancias el animal queda expuesto a unas condiciones críticas a las cuales trata de adaptarse para suplir las deficiencias en los requerimientos por medio de la movilización de reservas corporales, constituidas principalmente por lípidos concentrados en los adipocitos y en menor proporción, por las proteínas musculares y minerales óseos. El fracaso en los procesos de adaptación a estos cambios, resulta en una serie de alteraciones productivas y patológicas que se manifiestan como enfermedades de periparto, como hígado graso, cetosis y desplazamiento de abomaso. Es de vital importancia para la producción lechera poder reducir estas afecciones debido a su impacto en los animales que presentan algunas de estas patologías anteriormente mencionadas. Debido a que el metabolismo energético es el que presenta mayores probabilidades de alteración, se han evaluado diversas estrategias de alimentación y uso de aditivos alimenticios que permiten menguar estas alteraciones. En estudios previos la metionina y la colina han mostrado un potencial importante como factores lipotrópicos, (Montoya *et al.*, 2015).

### **Suplementación con Aminoácidos**

La información sobre los efectos de un adecuado aporte y balance de aminoácidos limitantes es aun escasa sobre el crecimiento de la eficiencia en el uso de la proteína y el mejoramiento de la respuesta productiva en vacas lecheras (Robinson, 2010). Uno de los aminoácidos más frecuentes considerado como potencialmente limitante en el ganado vacuno lechero es la metionina (Schawb, 1996). Sin embargo, la dosis, frecuencia y forma de suministro no han sido determinadas claramente según (Montoya *et al.*, 2015). La colina es considerada como una vitamina y juega un papel importante en el metabolismo de los animales, es también una fuente importante de grupos metil y existe

una estrecha relación entre la cantidad de metionina absorbida y las necesidades de colina, estimándose que más del 30% de la metionina absorbida es sintetizada por las vacas para producir colina. (Torres, 1998).

### **Metionina**

La metionina es uno de los aminoácidos limitantes en el ganado lechero, es un aminoácido azufrado que está implicado en muchas vías metabólicas, incluyendo la síntesis de fosfolípidos, carnitina, creatina y las poliaminas (Bequette *et al.*, 1998). También se considera limitante cuando la dieta se compone de pequeñas cantidades de maíz, altas cantidades de forraje o cuando las fuentes de proteína de sobrepaso se componen de productos derivados de la soya (Rulquin *et al.*, 2006).

La metionina participa como donador de grupos metilos para la producción de fosfatidilcolina, por lo que se considera que son el primer suplidor de la fosfatidilcolina. Desafortunadamente, al igual que otros aminoácidos, la metionina es rápidamente oxidada y es utilizada para la síntesis de proteína de los microorganismos del rumen. De este modo, cuando la metionina es ofrecida a través del alimento, la respuesta en la producción es variable debido a la disponibilidad del aminoácido está limitada por la actividad de los microorganismos en el rumen. Un enfoque que ha sido utilizado para suministrar metionina adicional a la vaca ha sido protegerla de la degradación ruminal para su absorción en el intestino delgado. En cuanto a los aminoácidos protegidos, se consideran que poseen una mayor biodisponibilidad intestinal que las fuentes análogas (Villalobos & Salazar., 2014).

### **Colina**

La Colina (Vitamina B4 o  $\beta$ -hidroxietil-trimetilamonio) se incluye dentro del grupo de vitamina B (NRC, 2001). La Colina es una fuente importante de grupos metil para la síntesis de importantes compuestos, estando relacionada con otras sustancias donantes de grupos metil, tales como la Betaina y Metionina (Gonzales., 2007). La colina, entre otras funciones, evita la acumulación de grasa en el hígado, estimulando la eliminación de los triglicéridos mediante su transformación en lecitinas. También participa en procesos de transmetilación en interrelación con el ácido fólico y la vitamina B12 para la

formación de metionina a partir de la homocisteina y la creatina. Los rumiantes al igual que otros animales, no tienen un requerimiento específico de colina en la ración, ya que las necesidades diarias son normalmente cubiertas por la síntesis hepática a partir de la metionina (Martinez., 2008).

Las funciones de la colina se dividen en cuatro grandes categorías:

- Metabolito esencial como componente de la estructura celular. Así la colina forma parte de las lecitinas (fosfatidil colina), y de las esfingomielinas.
- Metabolismo de los lípidos. Previene la acumulación anormal de lípidos en el hígado (degeneraciones grasas) favoreciendo el transporte de los ácidos grasos y su utilización.
- Formación de la acetilcolina, necesaria para la transmisión del impulso nervioso.
- Donador de grupos metilos. La colina puede suministrar grupos metilos lábiles para Formar metionina a partir de la homocistina, previa conversión a betaína (Gonzales., 2007).

### **Relación metabólica Colina-Metionina**

Debido a la relación metabólica que existe entre la colina y la metionina, observada al emplear suplementos con metionina puede considerarse como donador de grupos metilo y precursor de la síntesis de colina (Baker, 1995).

En particular existe una estrecha relación entre la cantidad de metionina absorbida y las necesidades de colina, estimándose que más del 30% de la metionina absorbida es utilizada por las vacas para sintetizar colina, en este sentido la colina permite economizar metionina y viceversa (NRC, 1998).

Zahra *et al.* (2006), menciona que la suplementación de colina mejoro un (1.2 Kg/dia) en producción de leche en los primeros 60 días de lactancia, aunque la suplementación fue solo 21 días antes del parto y 28 días después. Por lo tanto, la suplementación con colina protegida ruminal, seria esencial para optimizar la producción de leche en hatos con altas exigencias productivas (Davidson *et al.*, 2008).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Ubicación**

El experimento se realizó, en las instalaciones de la unidad bovino lechero, de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, ubicado en el Municipio de Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí (Km. 14.5 Carretera San Luis Potosí, Matchuala, Ejido Palma de la Cruz).

### **Tratamientos**

Se utilizaron 32 vacas multíparas de la raza Holstein, divididas en cuatro tratamientos. a) dieta basal sin suplementación (testigo), b) dieta basal más Biocolina 15g/día/animal, c) dieta basal más Optimetionina 20g/día/animal, d) dieta basal más Biocolina 15g/día/animal y Optimetionina 20g/día/animal, se adicione las cantidades de cada tratamiento al momento del ordeño, al mismo tiempo que el concentrado, los tratamientos tuvieron una duración de 60 días.

### **Variables a medir**

Producción leche para a cuál se tomaron los datos de producción arrojados por el sistema de la unidad lechera por semana.

Para medir la composición química de leche (proteína, grasa lactosa, solidos totales, etc), se tomaron muestras cada semana y se analizaron en Lactoscan Milk Analyzer .

Condición corporal (CC) se llevó un registro y una medición cada dos semanas en una escala del 1-5 según (Lowman, 1976).

Química sanguínea se analizará a través de las pruebas AGNE y BHB se tomarán cada dos semanas.

## Alimentación

La alimentación fue en base a la dieta ofrecida por la unidad en la que se realizó el experimento, la cual contiene los ingredientes y composición química que se muestra en el cuadro 1.

**Cuadro 1.** Dieta para experimento de herbometionina y Biocolina

Ingredientes	%
Alfalfa	53.45
Avena	11.29
Maíz rolado	8.06
Concentrado 18 % pc	24.20
Premezcla mineral	3.0
Composición química	
Materia seca (%)	89.73
Proteína cruda (%)	16.30
Proteína degradable en rumen (%)	6.0
FDN (%)	34.547
FDA (%)	26.158
ED	2.08 Mcal/kg

## **Diseño experimental y Análisis de datos**

Los datos fueron analizados como un diseño completamente al azar (Steel et al., 1997) y se analizaron con el software JMP7 (Sall & Lehman 1996).

El Modelo estadístico fue

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

$Y_{ij}$ = variable respuesta en j-esima repetición, i-esimo tratamiento

$\mu$ = Media general

$\tau_i$ = efecto del i-ésimo tratamiento

$\epsilon_{ij}$ = error experimental

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción de leche mostro cambios significativos ( $p \geq 0.05$ , cuadro 2) entre tratamientos, donde el tratamiento de suplementación con optimetionina fue menor que los otros. Varios autores han incluido los beneficios de complementar la colina y la metionina protegidos de la degradación ruminal (Sales, 2010), sin embargo, ninguno de los estudiados ha evaluado las fuentes de origen vegetal. Varios autores reportaron que 12 a 15 gramos por día de RPC aumentan en la producción de leche alrededor del 7 al 8% por encima de los grupos sin suplementar (Hartwell et al., 2000, Lima y otros, 2012), que representa aproximadamente 2 kg/d de leche, similar a la observada en este experimento. Incluso cuando algunos experimentos han utilizado dosis de 25 a 60 g de diferentes fuentes de RPC basadas en cloruro de colina (Mohsen et al., 2011, Pinotti et al., 2005, Zhou y col., 2016) o dosis más altas (Elek et al., 2012; Banevičius et al., 2016), Pinotti et al. (2005), concluyeron que se obtienen las mejores respuestas para mejorar la producción de leche cuando se proporcionan 12-20 g / día de RPC que es similar a la dosis usada con el producto a base de hierbas.

Respecto a la metionina protegida en rumen, Lara et al. (2004), evaluaron varias dosis de metionina protegida en rumen (RPM) y la producción de leche se incrementó hasta 14% por encima del control con 16 gramos por día y luego disminuyó; Se observó una respuesta similar en novillas de primera etapa con dosis de 14 a 16 g / d (Ayala et al., 2010). En ambos estudios, la concentración de proteína de leche se incrementó por RPM. Zhou et al., (2016), observaron un incremento del 9% en la producción de leche con una dosis estimada de 14 g / d y el contenido de proteína de la leche también fue mayor.

La producción de leche corregida por grasa se incrementó en el tratamiento de vacas suplementadas con Biocolina ( $P < 0.01$ ), lo cual coincide a lo reportado por Mendoza et al. (2019), quienes utilizaron las mismas fuentes en combinación y reportan un

incremento significativo. Pinotti et al. (2002) y Patton et al. (2015) reportan incrementos en la producción corregida por efecto de colina o metionina protegidas. Sin embargo, existen pocos estudios que evalúen los compuestos herbales. Algunos autores reportaron que 12 a 15 gramos por día de RPC aumentan en la producción de leche alrededor del 7 al 8% por encima de los grupos sin suplementar (Hartwell et al., 2000, Lima y otros, 2012), que representa aproximadamente 2 kg/d de leche, similar a la observada en este experimento. Incluso cuando algunos experimentos han utilizado dosis de 25 a 60 g de diferentes fuentes de RPC basadas en cloruro de colina (Mohsen et al., 2011, Pinotti et al., 2005, Zhou y col., 2016) o dosis más altas (Elek et al., 2012; Banevičius Et al., 2016), Pinotti et al. (2005), concluyeron que se obtienen las mejores respuestas para mejorar la producción de leche cuando se proporcionan 12-20 g / día de RPC que es similar a la dosis usada con el producto a base de hierbas.

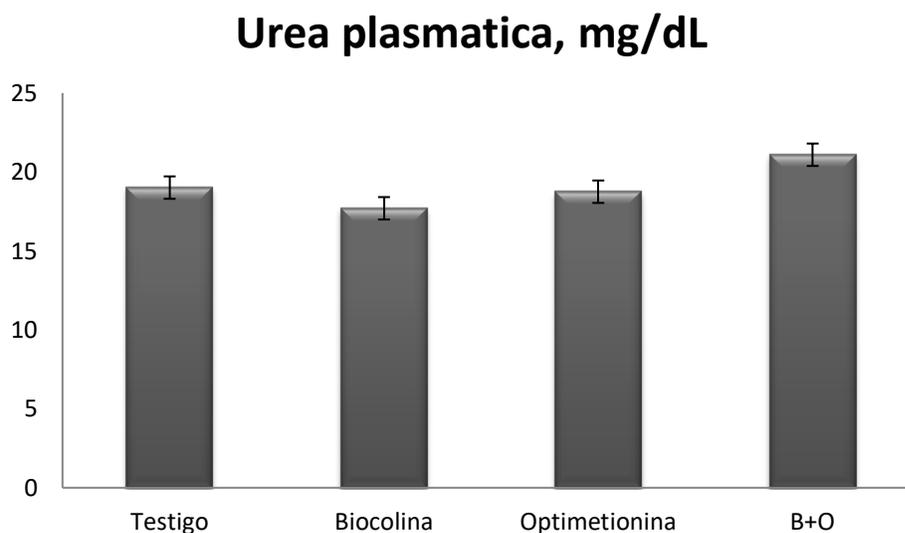
La composición química de la leche no mostro diferencias entre tratamientos ( $P < 0.05$ , tabla 1) por la suplementación con optiometionina y biocolina. Considerando que la metionina ha sido identificado como uno de los dos aminoácidos más limitantes para vacas en lactancia (NRC, 2001): Al alcanzar el requerimiento de metionina protegida se mejora la síntesis de la proteína de la leche (Zhou et al., 2016), lo que no sucedió en la presente investigación.

**Cuadro 2.** Efecto de la suplementación con Biocolina y OptiMetionona sobre la producción y composición de leche de vacas Holstein en lactancia.

	Control	Biocolin a	Optimetonina	B+O	EEM
Producción de leche (kg/d)	30.1a	29.75ab	27.01b	28.6ab	0.67
Producción corregida por grasa 4% (kg/d)	29.9b	32.24a	29.19b	26.78b	0.82
Condición corporal					
Día 1	2.81	3	3.18	2.87	0.13
Día 56	3.1	3	3.18	3	0.08
Composición química (%)					
Grasa	3.97	4.81	4.53	3.57	0.51
Proteína	2.97	2.91	3.03	3.02	0.08
Lactosa	4.51	4.39	4.6	4.57	0.32
Sólidos totales	8.19	8.12	8.33	8.31	0.19

EEM, error estándar de la media. <sup>a, b, c</sup> Medias con diferentes literales muestran diferencias estadísticas.

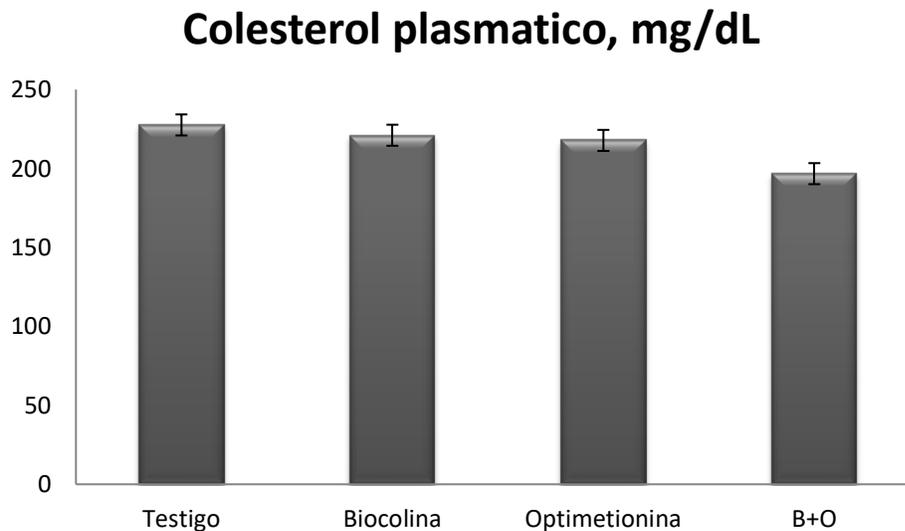
Para metabolismo proteico no se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ , figura 2) en los niveles de urea plasmática entre los tratamientos



**Figura 2.** Efecto de la suplementación con Biocolina y OptiMetionona sobre la concentración plasmática de urea en vacas Holstein en lactancia.

Disminuciones de los niveles de urea están asociadas a una mayor tasa de preñez y a menores pérdidas embrionarias tempranas antes del reconocimiento de la preñez (Rajala-Schultz, 2001). Cuando el consumo de proteína degradable es alto, o el consumo de carbohidratos degradables es bajo, el nivel de amonio en el rumen aumenta y sobrepasa la cantidad que pueden utilizar las bacterias; cuando existe exceso de amonio, el pasa al hígado a través de la sangre, donde es transformado y eliminado, y trae como consecuencia un incremento de los niveles de urea en la sangre (Arias y Nesti, 1999).

El National Research Council señala que una baja relación entre metionina y lisina en la dieta podrá repercutir en la disminución de la concentración de urea en ganado lechero, 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).



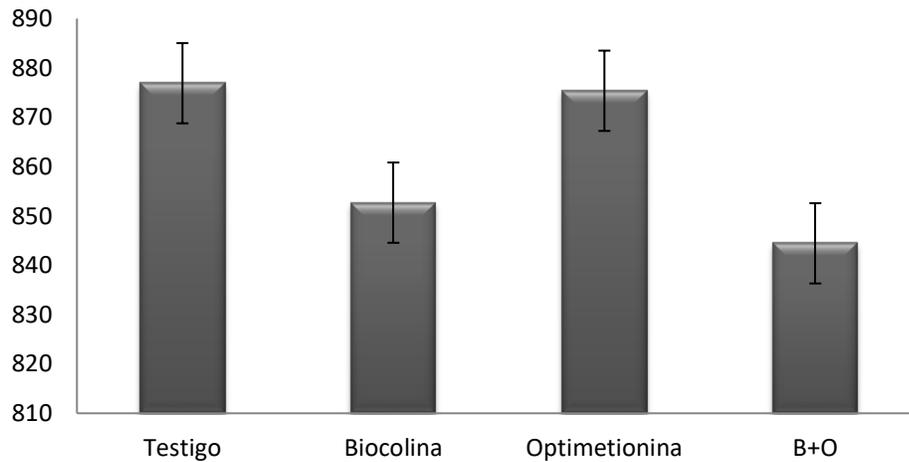
**Figura 3.** Efecto de la suplementación con Biocolina y OptiMetionona sobre la concentración plasmática de colesterol en vacas Holstein en lactancia.

No se observó efecto ( $P < 0.05$ , figura 3) de la suplementación con Biocolina y/o Optimetionina en los niveles plasmáticos de colesterol en vacas Holstein.

La fosfatidilcolina es un componente fosfolípido en las membranas mitocondriales, su estado afecta la función hepática y los niveles de lípidos (Cole et al., 2012); por lo tanto, se ha sugerido que la colina puede aumentar el transporte de lípidos hepáticos en dietas bajas en grasa. Bindel et al (2000) mostraron que la concentración de triglicéridos en las novillos aumentó en respuesta a la suplementación con colina pero cuando se incluyó sebo en la dieta efecto sobre la concentración de colesterol. Hajilou et al (2014) con una dieta baja en grasas (2.66% grasa) reportaron una reducción de triglicéridos con colina de sobrepeso en novillos Holstein pero los niveles de colesterol no se vieron afectados.

En los resultados obtenidos para enzimas hepáticas (AST) (Figura 3) tenemos diferencias significativas ( $P < 0.05$ ), los tratamientos con Biocolina disminuyeron la actividad de aspartato transferasa respecto a los tratamientos que no la recibieron.

## AST plasmático, UI



**Figura 4.** Efecto de la suplementación con Biocolina y OptiMetionona sobre la concentración plasmática de AST en vacas Holstein en lactancia.

Se ha considerado que la colina tiene efectos de protección hepática; se ha demostrado un efecto debido a su acción antioxidante, lipotrópico, en integridad y funciones de señalización de las membranas celulares (Fardet, 2010), su suplementación ha reducido algunas enzimas hepáticas, lo que indica una mejoría en el estado hepático del ganado lechero (Rahmani et al. 2014) y el aumento de las dietas deficientes en colina en los lechones (Getty et al. 2015).

## **CONCLUSION**

La producción de leche no mejora por efecto de la suplementación con las fuentes herbales evaluadas de biocolina y optimetionina, sin embargo muestra un aumento en grasa corregida por suplementar con biocolina, así como tampoco alterara la composición de la leche. También podemos observar que la condición corporal se mantuvo, por lo que podemos concluir que no hubo cambio significativo. Las concentraciones de urea y colesterol no se ven afectados por la adición de Biocolina pero si disminuye la actividad de AST hepático.

## LITERATURA CITADA

- ARIAS, J.; NESTI DE A.A., (1999). Importancia de los niveles de nitrógeno ureico en leche y sangre en el ganado lechero. *Rev. Fac. Agron. LUZ.* 16: 553-561.
- Ayala, J.; Mendoza, G. D.; Pinos, J. M.; Lara, A.; Sánchez, M.T. 2010. Effects of fat and rumen-protected methionine supplementation on production response of first-lactation cows. *Acta Agriculturae Scandinavica. Section A, Animal Science.* 60, 159-165.
- Baker, K. (1995). Bioavailability of nutrients for animal aminoacids, minerals and vitamins. Academic Prees. New yor.
- Banevičius, E., Einorytė, J., & Falkauskas, R. (2016). CHOLINE CHLORIDE POSSIBLE IMPACT ON COW 'S PRODUCTIVITY. *Veterinarija ir Zootechnika*, 73(095).
- Bequette, B. J., Backwell, F. R., & Crompton, L. A. (1999). Current concepts of amino acid and protein metabolism en the mammary gland of the lactating ruminant. *J. Dairy Sci.* 18, 2540-2559.
- Bindel DJ, Drouillard JS, Titgemeyer EC, Wessels RH, Loest CA. (2000). Effects of ruminally protected choline and dietary fat on performance and blood metabolites of finishing heifers. *Journal of Animal Science*, 78(10), 2497-2503.
- 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.
- CANILEC., (2016). Estadísticas (2016). <http://www.canilec.org.mx/2016/estadisticas-produccion.html>.
- Chandomi, M., & Lluis, J. (2015). Evaluación de la producción de leche del ható lechero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

- Cole LK, Vance JE, Vance DE. (2012). Phosphatidylcholine biosynthesis and lipoprotein metabolism. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1821(5), 754-761.
- Davison S, B. A. (2008). Supplementing Limited Methionine Diets with Rumen-Protected Methionine, Betiene and Choline in Early Lactation Holstein Cows. *J.Daire Sci.*, 91, 1552-1559.
- 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.
- Elek, P.; Newbold, J. R.; Gaal, T.; Wagner, L.; Husveth, F. 2008. Effects of rumen-protected choline supplementation on milk production and choline supply of periparturient dairy cows. *Animal.* 2, 1595–1601.
- Espinosa, V., Rivera, G., y García, L. (2008). Los canales y márgenes de comercialización de la leche cruda producida en el sistema familiar (estudio de caso). *Veterinaria México.* Vol. 39, No. 001.
- Fardet A. (2010). New hypotheses for the health-protective mechanisms of whole-grain cereals: What is beyond fibre?. *Nutrition Research Reviews*, 23(1), 65-134.
- FIRA. (2001). Boletín informativo No.317 Vol. XXXIII. Tendencias y oportunidades de desarrollo de la red leche en México. México.
- Gallardo M, Maciel, M., Cuatrin, A., Quaino O., y Vottero, D. (2000). Evaluación de dos sistemas de alimentación para vacas en transición a la lactancia. Efectos sobre la producción y composición química de la leche. Estación experimental Agropecuaria Rafaela.
- Getty CM, Dilger RN. (2015). Moderate perinatal choline deficiency elicits altered physiology and metabolomic profiles in the piglet *PLoS ONE*, 10(7)8.
- González Ibarra, A. A. (2007). Adición del cloruro de colina en la alimentación y su influencia en terneras de hasta 6 meses de edad. Macachí Pichincha (Bachelor's thesis, SANGOLQUÍ/ESPE-IASA I/2007).

- Hajilou M, Dehghan-Banadaky M, Zali A, Rezayazdi K. (2014). The effects of dietary L-carnitine and rumen-protected choline on growth performance, carcass characteristics and blood and rumen metabolites of holstein young bulls. *Journal of Applied Animal Research*, 42(1), 89-96.
- Hartwell, J. R., Cecava, M. J., & Donkin, S. S. (2000). Impact of dietary rumen undegradable protein and rumen-protected choline on intake, peripartum liver triacylglyceride, plasma metabolites and milk production in transition dairy cows. *Journal of dairy science*, 83(12), 2907-2917.
- Lager M, S., Jordan E., (2012). The metabolic profile for the moder transition dairy cow. Mid south ruminant nutrition conference. Grapavine . p. 9-16.
- Lara, A., Mendoza, G. D., Landois, L., Barcena, R., Sánchez-Torres, M. T., Rojo, R., ... & Vega, S. (2006). Milk production in Holstein cows supplemented with different levels of ruminally protected methionine. *Livestock Science*, 105(1-3), 105-108.
- Lima, F. S., Sa Filho, M. F., Greco, L. F., & Santos, J. E. P. (2012). Effects of feeding rumen-protected choline on incidence of diseases and reproduction of dairy cows. *The veterinary journal*, 193(1), 140-145.
- Lynch J, A. (2008). Rumen stability of two rumen protected cholina products. p 1-5.
- Martínez Marín, A. L. (2008). Nutrición y calidad de la carne de los rumiantes.
- Mohsen, M. K., Gaafar, H. M. A., Khalafalla, M. M., Shitta, A. A., & Yousif, A. M. (2011). Effect of rumen protected choline supplementation on digestibility, rumen activity and milk yield in lactating Friesian cows. *Slovak Journal of Animal Science*, 44(1), 13-20.
- Montoya, J, A., Correa, C, H., Galvis G, R., (2015). Efecto de la colina y metionina protegidas sobre el consumo, la movilización lipídica, de la leche en vacas Holstein. *Rev CES MED Zootec*. Vol, 10: 179-192.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. (1989). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*, 6a. ed., National Academy Press, Washington, D. C.

- NRC. (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. National Research Council, The National Academies Press, Washington, DC, USA.
- Rahmani M, Dehghan-banadaky M, Kamalyan R. (2014) Comparison between feeding rumen-protected choline and vitamin E on milk yield and blood metabolites in early lactation dairy cows. *Animal Production Science* 55(6) 752-757.
- Rajala-Schultz, Pj.; Saville, W.J.A.; Frazer, G.S.; Wittum. (2001) Association between milk urea nitrogen and fertility in Ohio dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84(2): 482- 489.
- Robinson P., (2010). Impacts of manipulating ration metabolizable lysine and methionine levels on the performance of lactating dairy cows: A systematic review of the review of the literature. *Livestock Science.* 127: 115-126.
- Rulquin, H. G. (2006). Effect of different forms of methionine on lactational performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 93, 3746-3750.
- Patton, R. A. (2015). Effect of rumen-protected methionine on feed intake, milk production, true milk protein concentration, and true milk protein yield, and the factors that influence these effects: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science.* 93, 2105–2118.
- Pinotti, L.; Baldi, A.; Dell'Orto V. (2002). Comparative mammalian choline metabolism with emphasis on the high-yielding dairy cow. *Nutrition Research Reviews.* 15, 315–332.
- Pinotti, L., Campagnoli, A., Dell'Orto, V., & Baldi, A. (2005). Choline: Is there a need in the lactating dairy cow?. *Livestock Production Science*, 98(1-2), 149-152.
- Osuji P. O., Nsahlai I.V. and Khalili H. (1993). Feed evaluation.. ILCA Manual 5. ILCA (International Livestock Center for Africa). Addis Ababa. Ethiopia. 40 pp.
- Sales, J., Homolka, P., & Koukolova, V. (2010). Effect of dietary rumen-protected choline on milk production of dairy cows: A meta-analysis. *Journal of dairy science*, 93(8), 3746-3754.

- Sall, J.; Lehman, A.; Stephens, M.; Creighton, L. 2012. JMP® Start Statistics: A Guide to Statistics and Data Analysis. Cary, NC, USA: SAS Institute In.
- SAS. (2009). The SAS system for Windows. Release 9.1.3. SAS Institute, Cary, North Carolina, USA.
- SIAP.(2016). Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pesquera.
- Schwab C. (1996). Rumen-protected amino acids for dairy cattle:progres towards determining lysine and methionine requirements. *Animal Feed Science and Technology*. 59 (1-3). 87-101.
- Steel, G. D. R.; Torrie, J. H.; Dickey, D. A. 1997. Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach. New York: McGraw-Hill.
- Steel, G. D. R.; Torrie, J. H.; Dickey, D. A. 1997. Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach. New York: McGraw-Hill.
- Torres, C., Caja, G. (1998). Utilización de aditivos en rumiantes: vitaminas y aminoácidos protegidos. FEDNA. XIV curso de especialización, avances en nutrición y alimentación animal.
- Torres Hernández, j. u. a. n. a. (2015). La producción de leche de ganado bovino en mexico 1990-2001.
- Villalobos, O. A. V., & Salazar, J. A. E. (2015). Respuesta productiva del ganado lechero ante el suministro de metionina sintética. *Nutrición animal tropical*, 9(1), 24-38.
- Welper, R. Freeman, A.(1992). Genetic parameters for yield traits of holsteins, including lactose and somatic cell score<sup>1</sup>. *Journal of dairy science* . p. 1342-1348.
- Zahra, L., & Duffield, T. L. (2006). Effects of Rumen-Protected Choline and Monensin on Milk Production and Metabolism of Periparturient Dairy Cows. *J. Dairy Sci.*, Vol. 89, No. 12, pp. 4808-4818.

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

Zhou, Z.; Bulgari, O.; Vailati-Riboni, M.; Trevisi, E.; Ballou, M. A.; Cardoso, F. C.; Luchini, D. N.; Looor, J. J. (2016). Rumen-protected methionine compared with rumen-protected choline improves immunometabolic status in dairy cows during the peripartal period. *Journal of Dairy Science*. 99, 8956-8969.