

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE CIENCIAS VETERINARIAS



MAESTRIA EN CIENCIAS VETERINARIAS

**EFFECTO DE NIVEL DE ENSILAJE DE MAÍZ SOBRE EL
COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO EN VACAS HOLSTEIN EN PRODUCCIÓN**

PRESENTA

M.V.Z. Wilvis Fernando Marichal Tejada

Director de tesis

Dr. Martin Francisco Montaña Gómez

MEXICALI, B. C., MÉXICO

MARZO DE 2016

Efecto de nivel de ensilaje de maíz sobre el comportamiento reproductivo en vacas Holstein en producción. Tesis presentada por Wilvis Fernando Marichal Tejada, como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias Veterinarias, que ha sido aprobada por el comité particular indicado:

Dr. Martin Francisco Montaña Gómez
Director Principal

Dr. Víctor Manuel González Vizcarra
Co- Director

MC. Martín Luis Arango Pérez
Asesor

Dr. Juan Octavio Chirino Romero
Asesor

M.C. Miguel Ángel Vega Cázares
Asesor

MEXICALI, B. C., MÉXICO

MARZO DE 2016

CONTENIDO

Introducción.....	1
Hipótesis.....	3
Objetivos específicos.....	4
Revisión de literatura.....	5
Descenso de la reproducción en el ganado lechero.....	5
Factores que influyen en la reproducción en el ganado lechero.....	6
Ensilaje de maíz.....	7
Ensilaje de maíz en ganado lechero.....	9
Proteína en el ganado lechero.....	11
Utilización del nitrógeno en vacas lecheras	14
Aspectos importantes a considerar sobre el nitrógeno (N).....	15
Nitrógeno ureico y parámetros reproductivos.....	16
Nitrógeno ureico en leche (NUL) en el ganado lechero.....	20
Nitrógeno ureico en sangre.....	21
Balance energético en el ganado lechero.....	23
Inseminación en ganado lechero.....	25
Ciclo estral.....	26
Tasa de concepción.....	27
Materiales y métodos.....	31
Resultados y discusión.....	35
Literatura citada.....	42

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Efecto fisiológico en rumiantes de acuerdo a los niveles de nitrógeno ureico en leche (NUL).....	21
Tabla 2. Tasa de concepción y concentración de nitrógeno ureico en sangre (NUS) en vacas lactando con dietas de contenido de proteína cruda moderadas y altas.	22
Tabla 3. Composición (% de MS) de las dietas experimentales.....	32
Tabla 4. Efecto de los tratamientos sobre nitrógeno ureico en sangre (NUS).....	36
Tabla 5. Efecto de los tratamientos sobre nitrógeno ureico en leche (NUL).....	38

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Programa de sincronización y empadre corto inducido.....	33
--	----

INDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1. Efecto de los tratamientos sobre nitrógeno ureico en sangre (NUS)..	35
Gráfica 2. Efecto de los tratamientos sobre nitrógeno ureico en leche (NUL).....	39
Gráfica 3. Correlación NUL-NUS.....	41

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la salud y el entendimiento en cada momento.

A mis padres, Ramón Fernando Marichal y Elizabeth Tejada Sánchez, por siempre darme el apoyo incondicional en mis decisiones.

A mi hermana Ruth Elizabeth Marichal, porque siempre me ha inspirado a seguir adelante.

A mi tutor Dr. Martín Francisco Montaña Gómez, por ser un guía de admiración y respeto. Siempre con las puertas abiertas y la solución en la mano.

A mi co-director de tesis Dr. Víctor Manuel González Vizcarra, por su colaboración constante en el desarrollo de las actividades tanto prácticas como de investigación.

A mis asesores:

M.C. Martín Luis Arango Pérez

Dr. Juan Octavio Chirino Romero

M.C. Miguel Ángel Vega Cázares

Por su disponibilidad y apoyo incondicional en toda la trayectoria que abarca el proceso de formalización de maestro en ciencias.

A mi compañera de tesis M.C. Oliva Fabiola Guevara Florentino, por su dedicación y esfuerzo en la realización de este proyecto.

A las instituciones, CONACYT, CONIAF, IICA Y UNIVERSIDAD ISA.

Que por medio de sus convenios y sus planes de desarrollo hacen posible la superación de aquellos que tienen metas.

DEDICATORIA

A mi hijo Emmanuel Alexander Marichal, por ser el regalo más apreciado que ha llegado a mí fortaleciendo mis decisiones.

A mis familiares, por inculcarme buenos valores y el camino correcto hacia el éxito.

INTRODUCCIÓN

La fertilidad de las vacas lecheras ha disminuido en todo el mundo, el descenso de la fecundidad se explica por los cambios de gestión en la industria lechera y también las correlaciones genéticas negativas entre la producción de leche y la reproducción. Los cambios se deben a una mayor demanda de requerimientos a medida que aumenta la producción de leche.

En vacas de alta producción lechera al final de la gestación y el principio de la lactancia coinciden con un dramático incremento en las necesidades de nutrientes y una disminución en el consumo de materia seca. La primera fase de la lactancia coincide con condiciones metabólicas adversas originadas en el déficit energético ocasionado por el bajo consumo de energía y la alta producción lechera.

La eficiencia reproductiva y el rendimiento en el ganado lechero se han reducido en los últimos 20 años, lo que ha generado problemas en los hatos ganaderos, tendiendo a crear pérdidas económicas considerables y en algunos casos hasta la desaparición del hato.

Para compensar los requerimientos nutricionales los productores tienden a ofrecer dietas con exceso de proteínas, siendo esta una de las causas que afecta la reproducción en vacas lecheras. Los excesos de proteína en la dieta tienden a aumentar el Nitrógeno ureico en sangre y en leche, el cual causa un descenso del PH

uterino cambiando las condiciones normales de los procesos reproductivos dando como resultado disminución de la tasa de concepción en vacas lecheras.

El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto del nivel de ensilaje de maíz en sustitución de heno alfalfa en el comportamiento reproductivo en vaca Holstein, tomando como guía el nitrógeno ureico en sangre y en leche para comparar las correlaciones existentes.

HIPÓTESIS

La sustitución de hasta un 60% de heno de alfalfa por ensilaje de maíz no afecta adversamente el comportamiento reproductivo en vacas Holstein en producción.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el efecto de los tratamientos sobre Nitrógeno ureico en sangre (NUS).
- Evaluar el efecto de los tratamientos sobre Nitrógeno ureico en leche (NUL).
- Evaluar el efecto de Nitrógeno ureico en sangre (NUS) sobre comportamiento reproductivo.

REVISIÓN DE LITERATURA

Descenso de la reproducción en el ganado lechero

La eficiencia reproductiva y el rendimiento en el ganado lechero se han reducido en los últimos 20 años, lo que ha generado problemas en los hatos ganaderos, tendiendo a crear cambios tanto en animales como en el ambiente. Nakada (2006), muestra como ejemplo el potencial genético, expresa que para la producción de leche ha mejorado mientras que para la reproducción este ha tendido a disminuir la tasa de concepción y preñez, llevando como consecuencia el uso de hormonas para la compensación con resultados aceptables, menciona también que la causa principal de sacrificio de ganado lechero es a causa de trastornos reproductivos.

Durante las últimas décadas, la producción de leche por vaca ha aumentado significativamente debido a la mejora de la gestión, la nutrición y la selección genética. Sin embargo, el comportamiento reproductivo de las vacas lecheras de alta producción ha ido disminuyendo. Uno de los factores responsables es el balance energético negativo, afectando este la aparición de la primera ovulación en vacas postparto (Kawashina et al., 2012). Estudios previos, (Beam y Butler, 1999) coinciden con el tema exponiendo el aumento de la producción de leche y la disminución de la tasa de concepción en vacas lactantes, relacionando esta última con el desbalance energético.

Factores que influyen en la reproducción en el ganado lechero

Shiferaw et al. (2005), realizaron una investigación con la finalidad de detectar factores que pudieran influir en el comportamiento reproductivo de ganado lechero; estos autores observaron que la mala condición corporal ocasionada por una alimentación inadecuada en vacas en producción fue el factor predominante de los trastornos reproductivos. De la misma manera, Roche (2006), observó que el pobre manejo nutricional de la vaca lechera especialmente antes y después del parto es un factor de suma importancia para el mantenimiento de parámetros adecuados de fertilidad.

Acorde con McDougall (2006), a nivel internacional el desempeño reproductivo ha ido disminuyendo, no alcanzándose los parámetros generales de alto nivel requeridos para garantizar los ciclos adecuados de 365 días. Estos autores señalan que la capacidad reproductora ha declinado debido a factores tales como un aumento del tamaño del hato, reducción de la sensibilidad de detención de celo y la disminución de calificación de condición corporal al parto; sumados a significativos incremento de producción de leche y al balance negativo de consumo de energía.

Tras la realización continua de experimentos incluyendo el hombre, se demuestra que la excreción urinaria de ácido orótico se eleva significativamente cuando la cantidad de amoniaco que se presenta en el hígado supera la capacidad para la desintoxicación normal. Estudios recientes de ganado lechero proporcionan evidencia en que la alimentación alta en proteínas u otros compuestos nitrogenados

conducen a la presencia de elevadas concentraciones de amoníaco, produciendo como consecuencia disminución en la tasa de concepción y aumentando el intervalo entre parto de las vacas lecheras. Los datos limitados relativos a concentraciones de la hormona luteinizante y metabolismo de hormonas esteroides son insuficientes para establecer si las diferencias en el rendimiento reproductivo se deben a cambios de la fisiología hormonal, ambiente intrauterino, o el metabolismo (Vissek, 1984). Al mismo tiempo, McDougall, (2005), sostiene que el balance de nutrientes afecta a la reanudación de la actividad cíclica ovárica después del parto en ganado lechero.

Ensilaje de maíz

El ensilaje es un método de conservación de forrajes basado en la fermentación anaerobia de carbohidratos solubles, presentes o adicionados, con la consecuente producción de ácido láctico, que reduce el pH, lo que inhibe el crecimiento de microorganismos degradadores de la materia orgánica. El proceso ocurre en dos fases: una inicial aeróbica, que ocurre hasta el agotamiento del oxígeno o los carbohidratos solubles presentes en el sustrato, los cuales son convertidos en agua, dióxido de carbono y calor, esta fase es de corta duración. La segunda fase es anaeróbica, y en ella los monosacáridos presentes son transformados en ácido acético, láctico, etanol y dióxido de carbono. Los ácidos producidos reducen el pH hasta valores entre 3,8 y 5,0, lo que inhibe el crecimiento de la mayoría de las bacterias anaerobias que deterioran la calidad del ensilaje. Para producir forrajes de buena calidad la primera fase debe ser corta lo que se logra con una buena compactación y cierre del silo Garcés et al., (2006).

El ensilaje de maíz es uno de los forrajes conservados más importantes y versátiles en el mundo. Es una mezcla única de grano y fibra digestible, que constituye una de las principales fuentes energéticas para la alimentación de rumiantes (Ruiz et al., 2009). El maíz es reconocido por su productividad, riqueza en energía, facilidad de recolección, conservación y utilización de los animales, aunque es pobre en materias primas nitrogenadas y en algunos minerales (Cañete y Sancha, 1998).

El contenido de fibra detergente neutra del ensilado es uno de los factores principales de la ingestión, retardando o acelerando el vaciado ruminal. Al agregar suplementación con concentrado ejerce un efecto de sustitución del ensilado, maximizando cuando es de baja digestibilidad. Los ensilados tienen alto contenido en proteína degradable en el rumen y bajo en carbohidratos solubles lo que se traduce como reducción de proteína microbiana, por lo tanto la fuente energética en el concentrado es importante para optimizar dicha síntesis (Bequette, 1998).

El uso de ensilaje ofrece los siguientes beneficios:

- Permite tener alimentación constante y segura a los animales evitando las pérdidas de peso o de producción de leche en las épocas de escasez de pastos.
- Un forraje bien ensilado, conserva la calidad nutritiva del mismo tal como se cosechó en el campo.
- Los animales alimentados con ensilaje responden a sus condiciones corporales, genéticas y de reproducción, tal como si estuvieran alimentados con forrajes de excelente calidad.

- El uso de ensilaje permite al ganadero ser más eficiente en la producción de la finca, porque puede incrementar la capacidad de carga del hato manteniendo los animales en buenas condiciones.
- Por las condiciones de mercado de la leche, la ganadería debe pasar de un sistema de producción extensiva e intensiva, apoyados en los sistemas de pastos conservados, por disponibilidad y costo de la tierra, haciendo posible el incremento de cabezas de ganado por unidad de superficie.
- El uso de forrajes conservados permitiría incrementar la carga animal promedio de 0.5 a 2.5 y 5.0 animales por hectárea, en ladera y zona plana respectivamente (Caicedo, 2011).

Ensilaje de maíz en ganado lechero

Zegarra et al. (2007), basaron una investigación en el uso de diferentes proporciones de ensilaje de maíz en sustitución de alfalfa en la ración de la dieta sobre la utilización proteica y excreción de nitrógeno (N) en vacas bajo consumo de alfalfa, los tratamientos fueron: (T1) 70% alfalfa-30% ensilaje de maíz, (T2) 55% alfalfa-45% ensilaje de maíz, (T3) 40% alfalfa-60% ensilaje de maíz, obteniendo como resultados que la inclusión de niveles crecientes de ensilaje de maíz en sustitución de alfalfa disminuyó linealmente y de manera significativa el contenido de nitrógeno ureico en sangre y nitrógeno ureico en leche entre los tratamientos, demostrando su utilidad como indicadores de la disponibilidad y utilización del nitrógeno a nivel ruminal.

Groff y Wu (2005), realizaron una investigación para determinar el efecto de la cantidad de proteínas de la dieta en el rendimiento de la lactancia y utilización de nitrógeno (N); utilizaron cuatro tratamientos con las siguientes proporciones: (T1) 100% ensilaje maíz - 0% alfalfa, (T2) 75% ensilaje de maíz - 25% alfalfa, (T3) 50% ensilaje de maíz - 50% alfalfa y (T4) 25% ensilaje de maíz y 75% alfalfa. La producción de leche fue similar entre los niveles de proteína en la dieta de cada ensayo, que van desde 35,2 hasta 36,1 kg/d. Tanto el nitrógeno de urea de la leche y las concentraciones de nitrógeno de urea en sangre aumentaron linealmente a medida que aumentaba el contenido de proteína de la dieta, que van desde 9,9 hasta 13,8 mg/dl, respectivamente.

Barlow et al. (2012), evaluaron la ingesta de nutrientes, la digestibilidad y la respuesta de la producción de leche de las vacas lecheras lactantes alimentadas con dietas a base de ensilaje de maíz producido a partir de 3 híbridos diferentes. Los tratamientos contenían 36,4% de la materia seca de ensilaje de maíz, los cuales fueron Agratech 1021, nervadura café TMB (Mycogen F2F797) y un híbrido ceroso. Los resultados indicaron que las vacas alimentadas con dietas a base de ensilaje de nervadura café TMB (Mycogen F2F797) obtuvieron una mayor producción de leche, promediando 37.6 kg/d en comparación con el tratamiento a base de un híbrido ceroso que solo obtuvo una producción de 35.2 kg/d, además de que también se resaltó un mayor aumento de la condición corporal a favor del tratamiento de Mycogen F2F797.

Ballard et al. (2001), realizaron un experimento con tres híbridos de maíz, Mycogen TMF94, Cargill F337 (que contiene una nervadura café rasgo marrón) y Pioneer 3861; obteniendo como resultado que la producción de leche fue mayor para las vacas alimentadas con Cargill F337. Por otra parte, la variedad de Mycogen TMF94 fue la de mayor rendimiento pero menor digestibilidad, obteniendo un rendimiento muy similar con la variedad Pioneer 3861.

Oba y Allen, (2000), evaluaron los efectos de la digestibilidad del ensilaje de maíz, observando que alimentar con ensilaje de maíz aumentó la energía utilizada para la producción de leche, posiblemente a causa de un suministro constante de combustibles metabólicos del rumen. En el mismo orden, Wattiaux y Karg (2004), estudiaron el balance de N, utilizando dietas de ensilaje de maíz y ensilaje alfalfa como fuentes de forraje primarias. Las vacas alimentadas con las dietas basadas en silo de maíz consumieron menos MS que los alimentados con las dietas basadas en silo de alfalfa, aun así cuando las vacas fueron alimentadas con dietas a base de silo de maíz en comparación con las dietas basadas con silo de alfalfa aumentó la producción de leche y este también tuvo una menor pérdida de nitrógeno en heces y orina.

Proteína en el ganado lechero

Las proteínas son las macromoléculas más abundantes presentes en todas las células y en todos sus componentes. Se encuentran en gran variedad de formas, tipos y tamaños. Exhiben además una gran diversidad de funciones biológicas. Lo curioso es que simples unidades proveen la estructura de estas importantes moléculas. Todas las

proteínas, desde la más simple hasta la más compleja, están formadas por diferente número y combinaciones de un grupo de 20 aminoácidos, los cuáles poseen en su estructura al menos un átomo de nitrógeno (Nelson y Cox, 2000). A la proteína de la dieta generalmente se le refiere como proteína cruda, la cual para las materias primas y alimentos se define como el contenido de nitrógeno multiplicado por 6.25; basado en la presunción de que el contenido de nitrógeno en los ingredientes es de 16 gramos por cada 100 gramos de proteína (NRC, 2001).

La determinación de los diferentes niveles de nitrógeno ureico en sangre y leche son considerados una alternativa para determinar el balance proteico del ganado lechero. La relación de la utilización de las proteínas degradables en el rumen y las no degradables constituye el origen de la producción de amoníaco que es transformado en urea por el hígado, la cual circula en sangre. La conversión de amoníaco en urea representa una pérdida de energía para la vaca lechera que limita la producción de leche.

Arias y Nesti., (1999), reportaron que el metabolismo del nitrógeno en los rumiantes involucra la participación activa de la microflora y la utilización de los productos de degradación de las proteínas para la síntesis de proteína bacteriana; el amoníaco que a ese nivel no se utiliza pasa al hígado para su transformación en urea. Se ha demostrado que altos niveles de nitrógeno ureico en sangre (NUS) reduce la tasa de concepción debido al balance negativo de energía, incremento de la acidez del útero y cambios en la relación de los minerales que tapizan el útero, por lo que el nivel

de proteína cruda en la dieta no debe considerarse como un ente independiente ya que está relacionado tanto a su solubilidad como a los niveles de energía disponibles en la dieta.

Jordán et al. (1983), relacionaron el exceso de nitrógeno con problemas reproductivos, observando que la viabilidad del ovulo y los espermatozoides se redujo cuando ofrecían excesos de proteína en la dieta. Otros trabajos relacionados han reportado bajas tasas de concepción en vacas con altos niveles de urea en la sangre (Elrod y Butler., 1993; Fergunson et al., 1993; Butler et al., 1995). Estos mismos autores coinciden con que la concentración de urea en la leche es proporcional a la concentración de urea en la sangre, por lo tanto un alto nivel de urea en la leche será indicativo de que los animales están siendo alimentados con niveles excesivos de proteína lo que crea mayor concentración de nitrógeno en heces y orina.

Acorde con Zea y Díaz, (1996), el 85% de la energía metabolizable que suministra el ensilado se encuentra en forma de ácidos grasos volátiles, los cuales en su gran mayoría son absorbidos en el rumen. La baja eficiencia que presentan los ensilados para el desarrollo microbiano puede ser atribuida en parte a la alta solubilidad del nitrógeno, lo cual puede provocar una mayor concentración de amoníaco en rumen. (Olmos y Broderick. 2006).

Utilización del Nitrógeno en vacas lecheras

Dhiman y Satter, (1997), realizaron un estudio completo de lactancia para determinar la producción de leche y el potencial para mejorar la utilización de N en vacas alimentadas con dietas que contenían diferentes proporciones de alfalfa y maíz ensilado. Los resultados sugieren que el ensilaje de maíz debería constituir un tercio a dos tercios de la materia seca de forraje de la dieta, cuando son alimentados con ensilaje de alfalfa para obtener el máximo beneficio. Más adelante Burke y Roche, (2007), utilizaron ensilado de raygrás perene y ensilaje de maíz para medir la producción de leche en vacas Holstein y la eficiencia de utilización de nitrógeno. Los resultados de este experimento indican que el ensilaje de maíz es un forraje complementario más adecuado al ensilado de raygrás perene, con ventajas en la producción de leche y la utilización más eficiente de nitrógeno.

La producción de leche y la ingesta de materia seca de las vacas lecheras son estimulados en respuesta al aumento de la ingesta de proteínas de la dieta, pero, la disminución de la fecundidad se asocia a menudo con esta estrategia nutricional. La suplementación de altos niveles de proteína degradable o proteína no degradable en el rumen puede contribuir a la reducción de la fertilidad en vacas lactantes. La nutrición proteica de la dieta o la utilización y los efectos asociados sobre la fisiología del ovario o del útero han sido controlados con nitrógeno de urea en el plasma o leche; concentraciones superiores a 19 mg/dl se han asociado con pH uterino alterado y reducción de la fertilidad en las vacas lecheras. El pH uterino cambia dinámicamente e inversamente al nitrógeno de urea en plasma, siendo indicativo de posibles cambios en

el entorno uterino. Mecanismos para la reducción de la fertilidad incluyen exacerbación de balance negativo de energía y la reducción de las concentraciones plasmáticas de progesterona cuando las vacas son alimentadas con raciones ricas en proteínas ruminalmente degradables. La baja fertilidad en vacas lecheras de alta producción refleja los efectos combinados de un ambiente uterino que es dependiente de factores tales como el nivel de progesterona y del balance de energía, que se ve comprometida por los efectos de la urea como resultado de la ingesta alta de proteínas en la dieta. (Butler, 1998).

El aumento de la ingesta de proteínas en la dieta puede aumentar la producción de leche, pero también puede reducir la fertilidad. Los efectos varían ampliamente pero todas las etapas del ciclo reproductivo después del parto para la supervivencia del embrión pueden verse afectadas. La fertilidad podría reducirse en un efecto tóxico directo de los productos de degradación de las proteínas, pero alternativamente, el aumento de la demanda de energía para su metabolismo podría ser responsable. El exceso de proteína degradable en rumen se asocia comúnmente con reducción de la fertilidad, pero efectos similares son producidos por las dietas que contienen exceso de proteína no degradable rumen. Aunque una alta ingesta de proteína se ha postulado para tener un efecto sobre la fertilidad durante 30 años, la evidencia no es concluyente, la etiología y la patogénesis del efecto permanecen a oscuras (Laven, 1999).

Aspectos importantes a considerar sobre el Nitrógeno (N)

a.- El exceso de N en la ración provoca que a nivel ruminal haya una acumulación de NH_3 mismo se absorbe, siendo el hígado el encargado de transformarlo en urea. Si a

nivel intestinal la absorción de aminoácidos (AA) supera las necesidades para las distintas funciones que los requieren, un porcentaje también se metaboliza a urea en hígado.

b.- La urea es un compuesto soluble con una gran capacidad de difusión por todas las soluciones acuosas del organismo. Esto hace que exista una alta correlación entre los niveles encontrados en sangre, leche y contenido ruminal.

c.- Elevadas concentraciones de urea tienden a reducir la concentración de progesterona en sangre así como a producir alteraciones del pH vaginal, reducir la viabilidad de espermatozoides y óvulos y la viabilidad del embrión.

d.- El organismo precisa liberarse del exceso de N vía urea y esto supone un costo energético que en fases críticas, como el inicio de lactación, puede agudizar la situación de balance energético negativo.

e.- La formación de urea en el hígado a partir de NH_3 (ureogénesis) es un mecanismo que compite en ese órgano con el de la formación de glucosa (gluconeogénesis). Debido a que por esta vía es como el animal consigue glucosa para sus necesidades de mantenimiento y producción de leche, el exceso de N vuelve a ser un problema potencial (Acedo y Gonzales, 1997).

Nitrógeno ureico y parámetros reproductivos

La relación más clara entre la nutrición proteica y la función reproductiva es el costo energético asociado con un exceso de nitrógeno. La transformación de 1 g de N a urea requiere 7.3 Kcal, lo que supone 1 Mcal (equivalente a 1.5 litros de leche o pérdida de 200 g de grasa corporal al día) por cada 4 mg/dl de aumento de los niveles

de nitrógeno ureico en sangre o leche. La sobrecarga metabólica y energética puede contribuir a incrementar el balance energético negativo y alterar la función reproductiva. Con raciones bajas en energía, el metabolismo del exceso de nitrógeno puede representar un factor importante sobre la reproducción (Bach et al., 2000).

Cuando el consumo de N es proporcionalmente mayor a la energía o existen desequilibrios entre los ritmos de degradación del almidón y la proteína de la dieta, la síntesis de proteína microbiana disminuye, eliminándose una elevada proporción de N a través de la orina. Incrementos en el consumo de N sin aumentos de energía, pueden favorecer a nivel ruminal la acumulación de amoníaco no utilizado por los microorganismos ruminales, mismo que es excretada vía orina en forma de urea. La procedencia del N de la orina tiene lugar desde el rumen, reemplazo de pérdidas metabólicas y las causadas por la ineficiente conversión de aminoácidos absorbidos en leche y proteínas titulares (Tamminga, 1992).

El metabolismo del nitrógeno en los rumiantes involucra la participación activa de la microflora y la utilización de los productos de degradación de las proteínas para la síntesis de proteína bacteriana. El amoníaco no utilizado en el rumen es transportado al hígado y tejidos para su transformación en urea. La utilización de elevadas fuentes de nitrógeno, proteico y no proteico en la alimentación de vacas lecheras incide sobre la condición de la glándula mamaria aumentando el conteo de células somáticas y la incidencia de mastitis. Valores fuera de los considerados como normales indican

desbalances nutricionales que pueden tener importante significancia económica y productiva (Arias y Nesti., 1999).

Ferguson et al. (1989), muestran en sus resultados que el tipo y la cantidad de proteína en la dieta explican gran parte de la variación en la tasa de concepción, que la edad del animal y la concentración de energía en la dieta se identificaron como modificadores del impacto de la proteína en la reproducción. La nutrición de proteínas puede afectar a la reproducción a través de efectos tóxicos de amoníaco y sus metabolitos en gametos y embriones tempranos a través de las deficiencias de aminoácidos y por consecuencia del balance energético negativos.

Acorde con NRC (2001), es recomendable para vacas lecheras una relación de ingestión aproximada del 73% de proteína degradable en el rumen y de 37% de no degradable o "pasante" para las primeras etapas de la lactación. Tanto para los casos de exceso de proteínas en la ración como de elevados niveles de proteína degradable se origina una elevada concentración de amoníaco en el rumen, parcialmente utilizado por la micro flora. Todo esto conduce a un aumento de la síntesis de urea y de altos niveles de ésta en los fluidos corporales, reciclándose a través de la saliva. La urea no utilizada se excreta en la orina y en la leche. El nivel de nitrógeno no proteico circulante tiene significancia por su consecuente efecto sobre el comportamiento reproductivo y la integridad de los tejidos hepático y mamario. Dichos valores ofrecen una herramienta simple para evaluar la eficiencia de la utilización de la proteína de la dieta.

El amonio es un metabolito de la proteína que escapa de la detoxificación por el sistema hepático del ciclo de la urea. Otro metabolito de la proteína de la dieta es la urea, que es formada de la detoxificación del NH_3 por el hígado. El nivel de urea en el plasma o suero es reflejado por la cantidad y degradabilidad de la proteína consumida, por la severidad del nitrógeno ureico en sangre (Elrod y Butler, 1993). El nitrógeno ureico en sangre puede ser exacerbado cuando es combinado con el exceso de proteína en la dieta. Por lo tanto, los efectos combinados del exceso de proteína dietaria y status energético, podrían en parte justificar la baja calidad embrionaria observada en vacas en lactación (Sartori et al., 2002).

Altos niveles de proteína bruta en la dieta pueden aumentar niveles de urea y amonio en sangre elevando concentraciones de amonio en el fluido folicular, y sus efectos en el folículo podrían llevar a la subsiguiente reducción en la sobrevivencia embrionaria (Sinclair et al., 2000). Aunque diversos estudios hayan demostrado una relación entre alimentación con altas proporciones de proteína bruta y queda en la fertilidad en vacas de alta producción, poco se sabe realmente de los mecanismos involucrados en este proceso. De cualquier forma, en términos generales, se cree que dietas proteicas que no produzcan concentraciones plasmáticas de nitrógeno ureico por encima de 20 mg/dl no parecen comprometer la fertilidad de vacas lecheras (Ferguson, 1991; Ferguson et al., 1993).

Nitrógeno ureico en leche (NUL) en el ganado lechero

El contenido de proteína cruda en la dieta es un factor importante que influye directamente al nitrógeno ureico en leche, las mediciones de nitrógeno ureico en leche se pueden utilizar como un diagnóstico de la alimentación de proteína en vacas lecheras (Nousiainen et al., 2004).

Los valores promedio de nitrógeno ureico en leche van desde 10 a 14 miligramos por decilitro (generalmente reportados como un número entero tal como 12 mg/dl). Cuando las vacas consumen alimentación que contiene proteínas, si las bacterias no pueden capturar el amoníaco y convertirlo a proteína microbiana, el exceso de amoníaco se absorbe a través de la pared del rumen. Debido a que el amoníaco puede cambiar el pH de la sangre, el hígado convierte el amoníaco en urea que se excreta o recicla. La urea se difunde libremente a través de las membranas celulares, por lo tanto, las concentraciones de nitrógeno ureico en leche representan las concentraciones de urea en sangre. Por lo tanto, si se elevan los valores de nitrógeno ureico en sangre también el nitrógeno ureico en leche será elevado. Si los valores de nitrógeno ureico en leche son altos, su hato lo más posible es que esté perdiendo proteína en la alimentación junto con excretar el exceso de nitrógeno en el medio ambiente. Si los valores de nitrógeno ureico en leche son demasiado bajas, el rendimiento de las bacterias del rumen puede reducirse limitando así la producción de leche y la producción de proteína de la leche (Hutjens, 2007). Los niveles de nitrógeno ureico en leche se utilizan actualmente como una indicación de si las vacas están

consumiendo las cantidades adecuadas y las proporciones de proteína y energía en sus dietas (Jonker et al., 1998).

Tabla 1. Efecto fisiológico en rumiantes de acuerdo a los niveles de nitrógeno ureico en leche (NUL)

NUL, mg/dl	Riesgos
>15.4	Patológico
12.6-15.4	Alto riesgo
8.4-12.6	Normal
5.6-8.4	Bajo riesgo
<7.0	Baja proteína y/o carbohidrato

Arias y Nesti, (1999).

Nitrógeno ureico en sangre.

Las mediciones del Nitrógeno Ureico Sanguíneo pueden ser utilizadas como herramienta para establecer posibles interrelaciones entre éste, el pH y la función reproductiva de vacas alimentadas con fuentes de proteína altamente degradable en el rumen (Ortis et al., 2013).

Dietas con altas cantidades de proteína resultan en altas concentraciones de nitrógeno ureico (urea) y han sido asociadas con una disminución en la fertilidad en el ganado lechero. Las concentraciones de nitrógeno ureico en plasma (NUP) o en suero (NUS) han sido utilizadas como correlación entre los niveles proteicos de la dieta y la fertilidad (Blanchard et al., 1990; Butler, 2000; De Wit et al., 2001). La alimentación de altos niveles de proteínas de la dieta se asocia con una disminución de la fertilidad en las vacas lecheras. Los resultados de este estudio sugieren un posible mecanismo a través del cual PUN puede afectar el ambiente uterino y la supervivencia del embrión. Una disminución en el pH luminal uterino se produjo en respuesta a la infusión urea. El útero, por lo tanto, puede responder de forma aguda a PUN circulante. Se necesitan estudios adicionales para determinar cómo un cambio en el pH uterino puede influir en

la fertilidad de las vacas lecheras a través de efectos sobre el desarrollo del embrión o viabilidad (Rhoads, 2004).

Tabla 2. Tasa de concepción y concentración de nitrógeno ureico en sangre (NUS) en vacas lactando con dieta

Referencia	15-16		19-21	
	TC %	NUS (mg%)	TC (%)	NUS (mg/dl)
Jordán y Swanson, 1979	53	NI (1)	40	NI (1)
Folman et al., 1981	56	8.8	44	15.4
Kaim et al., 1983	57	9.0	43	17.0
Howard et al., 1987	87	15.0	85	26.0
Carroll et al., 1988	64	11.0	56	24.0
Bruckental, 1990	65	25.0	52	32.0
Canfield et al., 1990	48	12.0	31	19.0
Elrod y Butler, 1991	83	<16.0	62	<16.0
promedios	62	13.8	48	21.3

(1) no informado
Arias y Nesti, (1999).

El nitrógeno ureico en sangre se encuentra en un rango de 10 a 30 mg/dl de sangre. En la leche cerca de un 2 a 3% del nitrógeno total es nitrógeno ureico en leche y tiene una alta relación con el nitrógeno ureico en sangre. Cuando el nivel de proteína en la dieta se encuentra elevado o cuando no hay suficiente energía para darle un uso eficiente a la proteína a nivel del rumen. En general, las funciones reproductivas tienen una prioridad baja comparado a otros procesos como la lactancia. Por lo tanto, bajo ciertos periodos de altas demandas nutricionales durante la lactancia, los nutrientes se dirigen preferentemente hacia la glándula mamaria para la síntesis de leche, y otros órganos como el útero o los ovarios se verán desprovistos de nutrientes esenciales. Como resultado de esta redistribución, pueden ocurrir desbalances hormonales,

anestro, quistes ováricos, mortalidad embrionaria y por ende, fertilidad reducida. (Melendez y Waistein, 2011).

La urea es un producto final metabólico de catabolismo de las proteínas en el cuerpo y se mide fácilmente por el contenido de nitrógeno. Las concentraciones de nitrógeno ureico en la circulación de la sangre se miden en fracciones de plasma o suero, y se denominan genéricamente como nitrógeno ureico en sangre (NUS). Un rango de concentración aceptable debe estar alrededor de 10 a 16 mg/dl. Un ganadero debe preocuparse cuando un grupo de vacas en el hato tiene concentraciones medias inferiores a 10 mg/dl o superior a 16 mg/dl. En ese caso, la proteína y la disponibilidad de carbohidratos en la dieta deben ser evaluadas (Yawongs et al., 2000).

Balance energético en el ganado lechero

El balance energético es la diferencia entre la energía neta consumida por el animal y la requerida por el mismo para mantenimiento y producción. Factores tales como el consumo de materia seca, su valor energético y las necesidades del animal principalmente para la producción de leche, pueden afectar el balance energético (Galvis et al., 2003). Los requerimientos de energía de la vaca se incrementan a medida que aumenta la producción de leche, alcanzando el máximo aproximadamente a las seis semanas posteriores al parto. Así mismo, el consumo máximo de energía podría no alcanzarse hasta la semana 16 posparto; por lo anterior, la vaca podría alcanzar un balance energético positivo alrededor de los 100 días posparto (Luca, 2003).

El aumento de la capacidad para la producción de leche se ha asociado con una disminución de la fertilidad. Después del parto, los requerimientos nutricionales aumentan rápidamente con la producción de leche y el balance negativo de energía resultante, se extiende de 10 a 12 semanas. El balance negativo está fuertemente asociado con la longitud del período de anovulación posparto a través de la atenuación de frecuencia de pulso de hormona luteinizante (HL) y los bajos niveles de glucosa en sangre que limitan colectivamente la producción de estrógenos por los folículos dominantes. Se ha acumulado evidencia que vincula las demandas metabólicas de alta producción de leche y el balance energético negativo asociado con disminución en la calidad de los ovocitos y la capacidad para el desarrollo del embrión (Butler, 2003).

Después del parto, las demandas nutricionales de la vaca lechera aumentan dramáticamente a medida que el pico de lactancia se acerca y normalmente supera la ingesta alimentaria, lo que resulta en un estado de equilibrio energético negativo (BEN) (Chagas et al., 2007). Durante este período, se movilizan las reservas corporales para satisfacer las demandas combinadas de mantenimiento y la lactancia. Durante las últimas tres décadas, la selección genética intensiva para la producción de leche ha aumentado la diferencia entre el potencial de consumo de alimento y el potencial de producción de leche. Como resultado, las vacas lecheras tienen una mayor predisposición para la movilización de las reservas corporales y para el balance energético negativo (BEN). Hay pruebas de que el desempeño reproductivo ha disminuido en vacas lecheras de alta producción, especialmente cuando los animales están bajo balance energético negativo (BEN) grave (Diskin et al., 2006).

Un mayor número de ciclos estrales ovulatorios anteriores a la inseminación son beneficiosos para su posterior concepción con pruebas de una serie de estudios de una asociación entre la BEN durante los primeros 3 a 4 semanas de la lactancia y el momento de la primera ovulación posparto. En consecuencia, es deseable que las vacas lecheras reanuden la ovulación en las primeras 4 semanas después del parto. Por lo tanto, es importante para maximizar el consumo de alimento y minimizar en BEN el período post-parto inmediato a mantener altas las tasas de supervivencia de embriones (Chagas et al., 2007).

Inseminación en ganado lechero

Acorde con Seidel (1995), las tecnologías utilizadas para aumentar la eficiencia reproductiva y mejorar el mérito genético de un rebaño incluyen: la sincronización del ciclo estral, la inseminación artificial, el semen seleccionado con el género, embrión *in vitro*, la transferencia de embriones, la ecografía, los transgénicos y la clonación. De las precedentes tecnologías de reproducción, sincronización del ciclo estral y la inseminación artificial se encuentran entre los más aplicables para el mejoramiento genético de los rebaños.

Los programas de sincronización se han convertido en componentes estándar en la gestión actual de cría de vacas en los rebaños lecheros de la mayoría de las industrias lácteas. Muchos se basan en los protocolos que permiten inseminaciones cronometradas inseminación a tiempo fijo (ITF) para eludir las dificultades prácticas asociadas con la detección de celos.

Los programas más recientemente desarrollados incluyen protocolos para la re-sincronización luego del primer o segundo servicio. Estos protocolos de re-sincronización implican formas de intervención hormonal seleccionada durante los períodos diestro y pro-estro luego de la inseminación artificial, o tras el diagnóstico de embarazo mediante ecografía de 28 días después de la inseminación. Esta última forma de re-sincronización se ha convertido cada vez más importante con el reconocimiento de que la muerte fetal tardía embrionaria se ha convertido en un factor importante en el rendimiento reproductivo del ganado lechero. El programa básico es el régimen "Ovsynch". Numerosas variaciones se han probado y desarrollado. Estos programas de sincronización son los mejores que están disponibles actualmente (Macmillan, 2010).

Ciclo estral

Las vacas pueden presentar tres niveles en la manifestación conductual del estro, niveles que son de especial importancia para lograr con éxito el apareamiento con un macho. Acorde con Fraser y Broom (1990), estos son la atracción, la proceptividad y la receptividad.

En el ganado vacuno, el ciclo estral normalmente varía del 17 al 24 día y la duración del estro es generalmente de 10 a 18 horas; sin embargo, existe una variación considerable entre los animales individuales (rango <8 a> 30 h; entre los signos principales del celo en el ganado para ser montado incluyen frecuentes montaje, moco acuoso de la vulva, y la inquietud (O'Connor y Senger, 1997).

Tasa de concepción

Generalmente la tasa de fertilización es alta cuando la fertilidad masculina es normal, aun así es común obtener tasas de preñez por debajo de las expectativas cuando esta es definida por el nacimiento de crías vivas en respuestas al primer servicio. Unos de los factores que está altamente relacionado es la muerte embrionaria y esta se relaciona con las concentraciones de progesterona en horas concretas y los cambios en otras hormonas en consecuencia de patrones de progesterona. Estos factores se expresan en la fase lútea inmediatamente antes de estro, durante el día 4 a 8 después del estro, durante el reconocimiento materno del embarazo en los días 14 a 17 después del estro y durante el período fetal embrionario entre los días 28, 42 a 50. (Inskeep, 2004).

Los ovocitos de tamaño reducido y la calidad del embrión son reconocidos como factores importantes en las tasas de concepción bajas ampliamente descritas y en la alta prevalencia de la mortalidad embrionaria temprana. Aparte de la importancia del balance energético negativo (BEN), el efecto endocrino asociado y las consecuencias metabólicas, hay una atención creciente a los efectos de la producción de leche en promover dietas que sean ricas en energía y proteína. Las dietas ricas en almidón pueden mejorar el estado de la energía y por lo tanto la actividad ovárica en el período postparto temprano, pero los ovocitos y los embriones de calidad puede sufrir de este tipo de dietas. Dietas altas en proteínas pueden elevar las concentraciones de amoníaco y urea en la sangre lo que conlleva a los ambientes intrafolicular, oviducto y útero hacer modificados. Los ovocitos y embriones son muy sensibles a los cambios en

su microambiente, es muy posible que lleven a una maduración perturbada con fertilización temprana (Leroy, 2008).

Acorde con Bridges (2013), cuando la función uterina es deficiente y no se proporcionan las concentraciones adecuadas de estradiol y progesterona antes o después de la ovulación y la concepción se afecta el crecimiento embrionario y la producción de interferón-t. Por lo tanto, podría causar muerte embrionaria temprana, ya sea por no proporcionar un ambiente uterino adecuado para el reconocimiento, la adhesión y la implantación del embrión, conduciendo a la disminución del tamaño del embrión y sin reconocimiento materno de la gestación.

Entre los determinantes primarios para el éxito de la concepción en vacas lecheras incluyen la nutrición, las enfermedades, el medio ambiente y la genética; todas ellas están directamente influenciadas por estrategias de gestión. En general, los rasgos de fertilidad son complejas y poli génica (Scheifers y Weigel, 2012).

La supervivencia de embriones es un factor importante que afecta a la producción y la eficiencia económica en todos los sistemas del ganado lechero de rumiantes. El componente principal es la pérdida del embrión que se produce antes de 16 días después de la inseminación, con algunas evidencias de mayores pérdidas antes del día 8 en vacas de alta producción de leche. Las concentraciones sistémicas de progesterona, tanto durante el ciclo estral y después de la inseminación, afectan a la tasa de supervivencia de embriones con evidencia de que concentraciones demasiado

altas o bajas de están asociadas negativamente con la tasa de supervivencia. El Balance energético y la ingesta de materia seca durante 4 semanas después del parto son de importancia crítica en la determinación de la tasa de concepción cuando las vacas son inseminadas en 70 a 100 días post-parto (Diskin y Morris, 2008).

Ostrup (2011), menciona que el reconocimiento materno de la gestación y el establecimiento de la placenta son los eventos claves esenciales para el éxito de la reproducción y el desarrollo a término, los cuales son controlados por las interacciones entre los factores de transcripción, epigenéticos y ambientales tanto entre y dentro del embrión y la madre.

Una simple suma de los procesos reproductivos en la vaca lechera lactante podría ser el GnRH ofrecido por el hipotalámico, el cual estimula la liberación de LH y FSH. Estas hormonas afectan el ovario para iniciar y mantener las ondas de crecimiento folicular, llevando eventualmente a un folículo dominante que podría ser ovulado. Los folículos segregan estrógeno, que tiene efectos tanto estimulantes y negativos sobre su propia síntesis, así como la de LH y FSH. Eventualmente un folículo ovulado y un espermatozoide viable se presentan a las trompas de Falopio. El estrógeno circulante prevé signos visibles del estro que, con suerte, se notan y conduce a la inseminación a tiempo del animal. El óvulo fertilizado comienza a desarrollarse, y el nuevo cuerpo lúteo en desarrollo comienza a secretar progesterona. Los niveles circulantes de estrógenos declinan y aumentan los niveles de progesterona en una serie de adaptaciones en el útero que permiten la aceptación e implantación del embrión en desarrollo. Cada uno de estos procesos implica varias interacciones

intracelulares y de sistemas intercelulares incluyendo endocrino y la señalización neuronal (McNamara, 2012).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio

La investigación se realizó en las instalaciones del Unidad de Producción Lechera del Instituto de Investigaciones Veterinarias de la Universidad Autónoma de Baja California, localizada en Mexicali, B.C. La ubicación geográfica es de 32°24'27.71" Latitud Norte y 115°23'03.68" Longitud Oeste. El clima es de tipo desértico, donde el mes más frío es enero, con una temperatura mínima promedio de -1.66 °C y 13 °C de temperatura media siendo julio el mes más cálido con una temperatura máxima, mínima y promedio de 45, 20 y 33 °C respectivamente. La temperatura media anual es de 22 °C (INEGI, 2010).

Unidades Experimentales

Se utilizaron 12 vacas Holstein, que se encontraban entre 1^{ro} y 2^{do} partos, y en su primer tercio de lactación. Todas las unidades experimentales estaban libres de problemas de salud en general y sin alteraciones en sus extremidades. Se realizó la prueba de California Mastitis Test (CMT) con la finalidad de constatar que las unidades seleccionadas estuvieran libres de mastitis. Cada unidad experimental se asignó de manera aleatoria a cada uno de los tratamientos y fueron instaladas en corraletas individuales con comedero individual, bebedero automático compartido para dos unidades experimentales, con área de sombra y área de descanso.

Alimentación

Las dietas fueron ofrecidas en partes iguales a las 07:00 y 15:00 hrs. Para asegurar el consumo *ad libitum*, se verificó un rechazo en comedero de alrededor del 5% del total ofrecido. El agua fue ofrecida *ad libitum*. Las dietas se muestran en la tabla 1.

Tabla 3. Composición (%de MS) de las dietas experimentales

Ingrediente, % MS	Nivel de inclusión de ensilaje de maíz(%)		
	0	30	60
Ensilaje de maíz		53.90	80.45
Alfalfa, heno	69.53	32.28	14.50
Pasta de cacahuete		5.16	5.05
Maíz, hojueleado		8.67	
Concentrado	30.47		
Total	100.00	100.00	100.00
Aporte nutrimental			
MS	89.19	59.19	44.22
ENL, Mcal/kg	1.62	1.60	1.56
PC	20.40	15.19	15.16
EE	4.12	3.80	3.32
FDA	17.88	22.43	26.01
FDN	26.00	32.30	37.52
Almidón	12.42	14.47	6.98
Lignina	3.73	4.33	4.97
Ca	1.23	0.94	0.70
K	0.49	0.30	0.29
P	1.88	1.80	2.11
Mg	0.30	0.35	0.43
Na	0.46	0.31	0.13

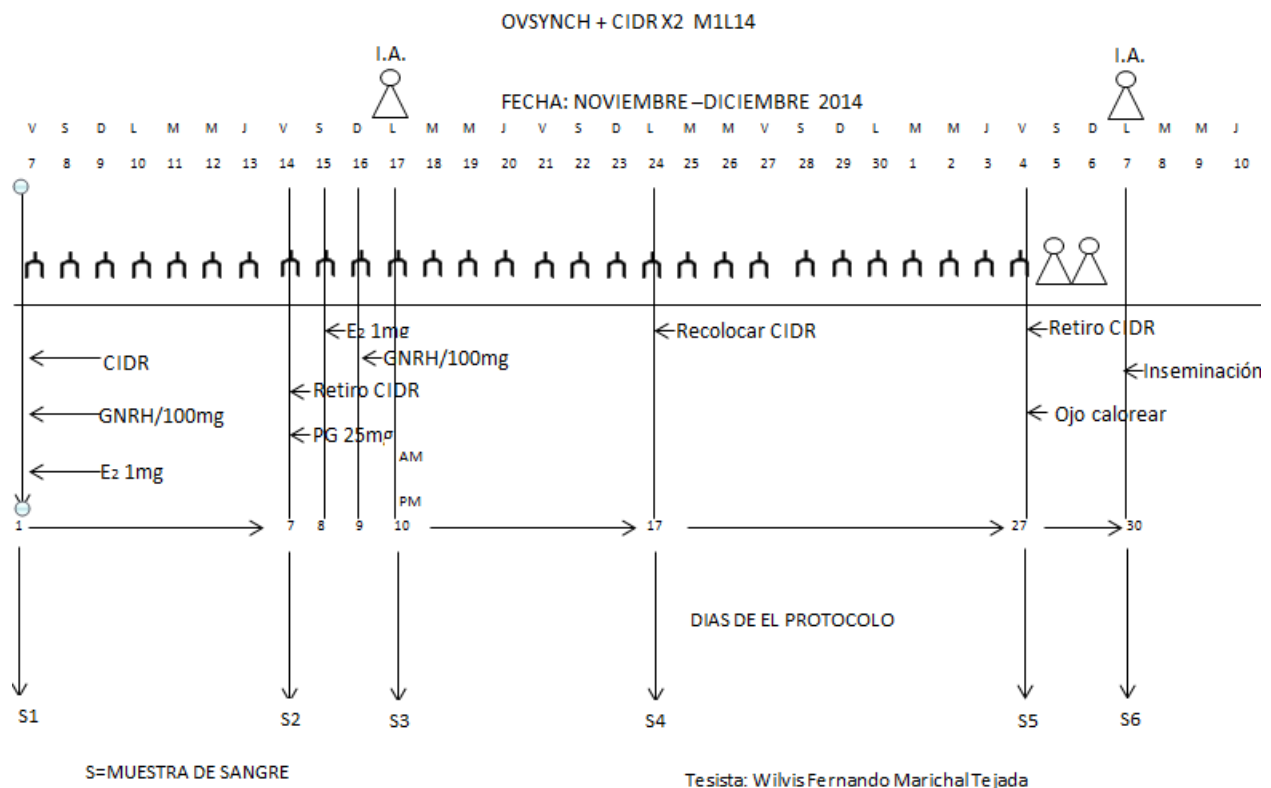
Valores tomados de NRC, 1988.

Tratamientos

El experimento contó con 14 días de adaptación a las dietas y 50 días de período de toma de muestras. Los tratamientos consistieron en el nivel de suplementación de ensilaje de maíz en la dieta, quedando de la siguiente manera TMT 1: 00%; TMT2: 30% y TMT3: 60%. Los porcentajes anteriores representan el nivel de sustitución de heno de alfalfa por ensilaje de maíz. Todas las unidades experimentales

fueron ordeñadas a las 04:30 y 16:30 hrs. Durante este período se tomaron semanalmente durante los días viernes después de la ordeña de las 04:30 h muestras pares de sangre vía punción caudal a cada una de las unidades experimentales. Las muestras fueron centrifugadas y a una de ellas se realizó el análisis de N-Ureico (Analizador Automático SPIN REACT®). La otra muestra ya centrifugada fue almacenada a -80°C para su posterior análisis de progesterona (Minilyser Detecan®). A partir del día 21 del inicio del consumo de las dietas experimentales, se inició el programa de sincronización y empadre corto inducido (figura 1).

Figura 1. Programa de sincronización y empadre corto inducido.



Se implementó un programa de sincronización y empadre corto inducido IATF de sincronización “Ovsynch” con la utilización de P₄, considerando al mismo tiempo la re sincronización con P₄ (CIDR).

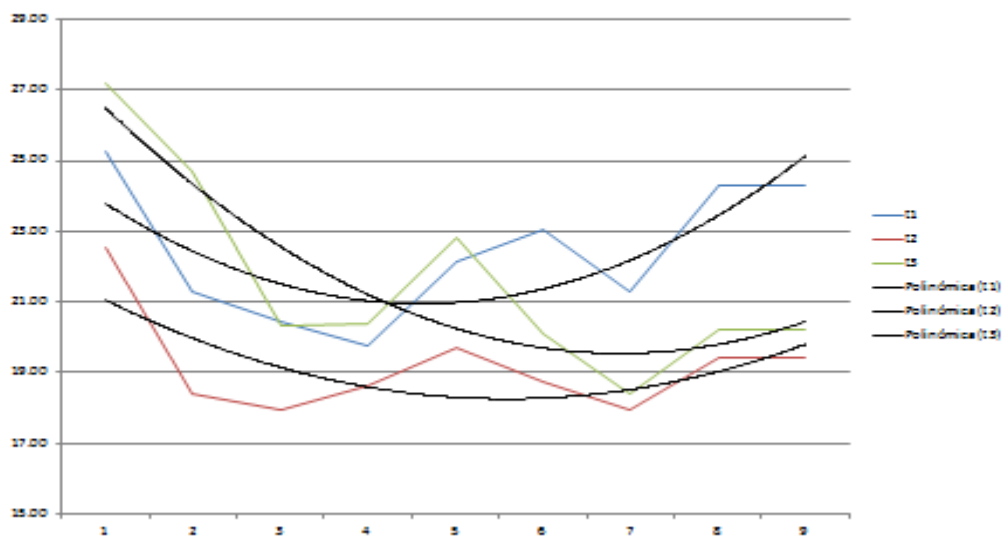
Los animales fueron asignados aleatoriamente a cada uno de los tratamientos. El experimento contó con un Diseño Completamente al Azar con medidas repetidas. Se analizó como un Modelo Mixto mediante SAS*. Asimismo se utilizó una prueba de comparación de medias mediante Tuckey, considerándose diferencia estadísticamente significativa cuando ($P \leq 0.5$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Nitrogeno ureico en sangre:

Los efectos de los tratamientos sobre niveles de nitrógeno ureico en sangre (NUS) se muestran en la gráfica 1 y en la Tabla 2. No se observaron efectos de los tratamientos sobre NUS ($P>.10$). Aunque algunos autores (Ferguson, 1991; Ferguson et al., 1993), sostienen que en términos generales, las dietas proteicas que no produzcan concentraciones plasmáticas de nitrógeno ureico por encima de 20 mg/dl no parecen comprometer la fertilidad de vacas lecheras, lo cual concuerda con Yagongs et al. (2000), quienes recomiendan valores no mayores a 16 mg/dl, Melendez y Waistein, (2011), mencionan que el nitrógeno ureico en sangre se encuentra en un rango de 10 a 30 mg/dl de sangre, lo cual concuerda con los datos obtenidos en el presente trabajo.

Gráfica 1. Efecto de los tratamientos sobre nitrógeno ureico en sangre NUS



Acorde con Ortis et al. (2013), las mediciones de NUS pueden ser utilizadas como herramienta para establecer posibles interrelaciones entre éste, el pH y la función reproductiva de vacas alimentadas con fuentes de proteína altamente degradable en el rumen.

Aunque Butler (2000), menciona que como resultado de altas cantidades de proteína en la dieta se presentan elevadas concentraciones de nitrógeno ureico (urea), lo cual es asociado a efectos negativos tales como una disminución en la fertilidad en el ganado lechero, en nuestro estudio no se observó efecto de los tratamientos sobre esta variable, probablemente debido a que los niveles de proteína cruda en las dietas estuvieron dentro de los rangos recomendados por NRC para ganado lechero (2001). Al mismo tiempo, Rhoads (2004), sostiene que la alimentación de altos niveles de proteína de la dieta se asocia con una disminución de la fertilidad en las vacas lecheras. El útero puede responder de forma aguda al N circulante, afectando el ambiente uterino y la supervivencia del embrión, aunque concluyen en la necesidad de estudios adicionales para determinar cómo un cambio en el pH uterino pudiera influir en la fertilidad de las vacas lecheras a través de efectos sobre el desarrollo del embrión o viabilidad.

Tabla 4. Efecto de los tratamientos sobre nitrógeno ureico en sangre NUS

	Muestreo								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
TMT-1	25.26	21.28	20.46	19.78	22.15	23.05	21.31	24.28	24.28
TMT-2	22.54	18.40	17.96	18.62	19.69	18.74	17.93	19.40	19.40
TMT-3	27.16	24.69	20.33	20.41	22.83	20.12	18.38	20.21	20.22

El nitrógeno ureico en sangre se encuentra en un rango de 10 a 30 mg/dl de sangre. En la leche cerca de un 2 a 3% del nitrógeno total es nitrógeno ureico en leche y tiene una alta relación con el nitrógeno ureico en sangre. Cuando el nivel de proteína en la dieta se encuentra elevado o cuando no hay suficiente energía para darle un uso eficiente a la proteína a nivel del rumen. En general, las funciones reproductivas tienen una prioridad baja comparado a otros procesos como la lactancia. Por lo tanto, bajo ciertos periodos de altas demandas nutricionales durante la lactancia, los nutrientes se dirigen preferentemente hacia la glándula mamaria para la síntesis de leche, y otros órganos como el útero o los ovarios se verán desprovistos de nutrientes esenciales. Como resultado de esta redistribución, pueden ocurrir desbalances hormonales, anestro, quistes ováricos, mortalidad embrionaria y por ende, fertilidad reducida. (Melendez y Waistein, 2011).

Arias et al., (1999). Se ha demostrado que altos niveles de nitrógeno ureico en sangre (NUS) reduce la tasa de concepción debido al balance negativo de energía, incremento de la acidez del útero y cambios en la relación de los minerales que tapizan el útero, por lo que el nivel de proteína cruda en la dieta no debe considerarse como un ente independiente ya que está relacionado tanto a su solubilidad como a los niveles de energía disponibles en la dieta.

El nitrógeno ureico en sangre puede ser exacerbado cuando es combinado con el exceso de proteína en la dieta. Por lo tanto, los efectos combinados del exceso de proteína dietaria y status energético, podrían en parte justificar la baja calidad

embrionaria observada en vacas en lactación (Sartori et al., 2002). Altos niveles de proteína bruta en la dieta pueden aumentar niveles de urea y amonio en sangre elevando concentraciones de amonio en el fluido folicular, y sus efectos en el folículo podrían llevar a la subsiguiente reducción en la sobrevivencia embrionaria (Sinclair et al., 2000). Aunque diversos estudios hayan demostrado una relación entre alimentación con altas proporciones de proteína bruta y queda en la fertilidad en vacas de alta producción, poco se sabe realmente de los mecanismos involucrados en este proceso.

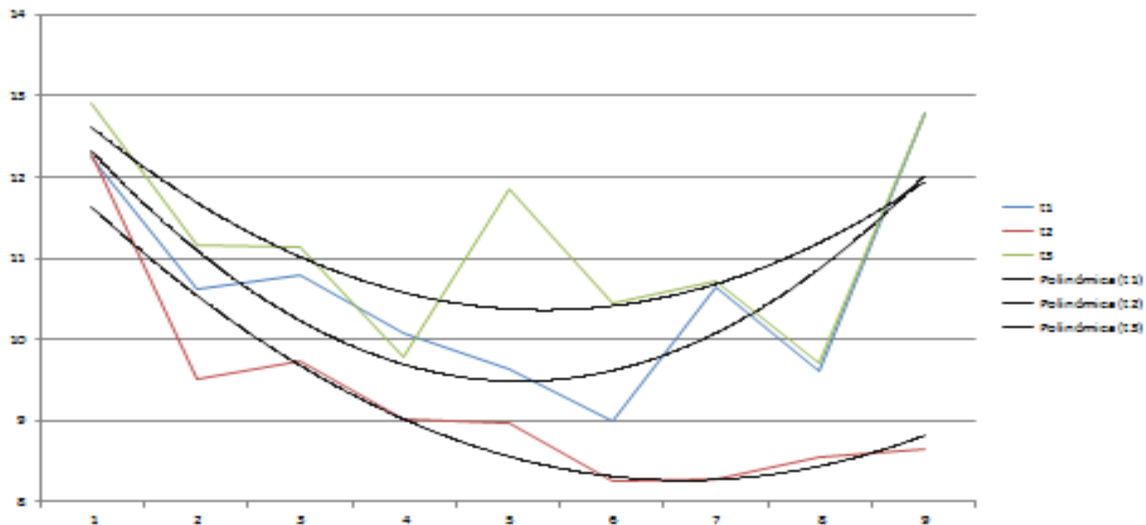
Nitrogeno ureico en leche

Los efectos de los tratamientos sobre niveles de nitrógeno ureico en sangre (NUS) se muestran en la gráfica 2 y en la Tabla 5. Solo se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos 2 y 3 (8.87 vs 10.68; $P < .05$). El contenido de proteína cruda en la dieta es un factor importante que influye directamente al nitrógeno ureico en leche, las mediciones de nitrógeno ureico en leche se pueden utilizar como un diagnóstico de la alimentación de proteína en vacas lecheras (Nousiainen et al., 2004).

Tabla 5. Efecto de los tratamientos sobre nitrógeno ureico en leche NUL

	Muestreo								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
TMT-1	12.26	10.62	10.81	10.08	9.63	9.00	10.65	9.61	12.79
TMT-2	12.29	9.52	9.74	9.02	8.97	8.25	8.28	8.55	8.66
TMT-3	12.91	11.17	11.13	9.79	11.85	10.46	10.71	9.71	12.79

Gráfica 2. Efecto de los tratamientos sobre nitrógeno ureico en leche NUL



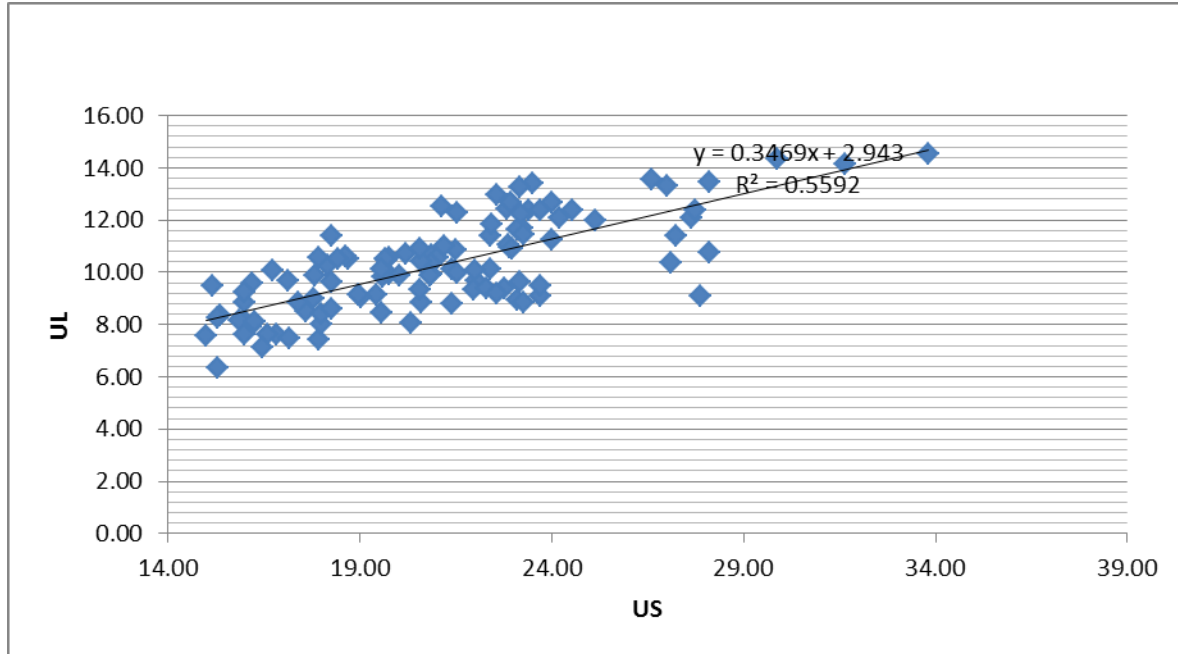
Los valores promedio de nitrógeno ureico en leche van desde 10 a 14 miligramos por decilitro (generalmente reportados como un número entero tal como 12 mg/dl). Cuando las vacas consumen alimentación que contiene proteínas, si las bacterias no pueden capturar el amoníaco y convertirlo a proteína microbiana, el exceso de amoníaco se absorbe a través de la pared del rumen. Debido a que el amoníaco puede cambiar el pH de la sangre, el hígado convierte el amoníaco en urea que se excreta o recicla. La urea se difunde libremente a través de las membranas celulares, por lo tanto, las concentraciones de nitrógeno ureico en leche representan las concentraciones de urea en sangre. Por lo tanto, si se elevan los valores de nitrógeno ureico en sangre también el nitrógeno ureico en leche será elevado. Si los valores de nitrógeno ureico en leche son altos, su hato lo más posible es que esté perdiendo proteína en la alimentación junto con excretar el exceso de nitrógeno en el medio ambiente. Si los valores de nitrógeno ureico en leche son demasiado bajas, el

rendimiento de las bacterias del rumen puede reducirse limitando así la producción de leche y la producción de proteína de la leche (Hutjens, 2007). Los niveles de nitrógeno ureico en leche se utilizan actualmente como una indicación de si las vacas están consumiendo las cantidades adecuadas y las proporciones de proteína y energía en sus dietas (Jonker et al., 1998).

Porcentaje de gestación.

No se observó efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de gestación. En respuesta a los tratamientos 1, 2 y 3, se observaron valores de preñez del 75, 25 y 50%, respectivamente. Aunque otros autores (Elrod y Butler., 1993; Ferguson et al., 1993; Butler et al., 1995), han reportado bajas tasas de concepción en vacas con altos niveles de urea en la sangre, Visek, (1984), menciona que la alimentación alta en proteínas u otros compuestos nitrogenados conducen a la presencia de elevadas concentraciones de amoníaco, produciendo como consecuencia disminución en la tasa de concepción y aumentando el intervalo entre parto de las vacas lecheras, los datos limitados relativos a concentraciones de la hormona luteinizante y metabolismo de hormonas esteroides son insuficientes para establecer si las diferencias en el rendimiento reproductivo se deben a cambios de la fisiología hormonal, ambiente intrauterino, o el metabolismo. La falta de efecto de los tratamientos sobre esta variable pudiera deberse tanto a que los valores de PC en las dietas se encontraban dentro de los valores recomendados por NRC (1989), como a que los valores de NUS no superaron el rango recomendado por Melendez y Waisten, (2011).

Gráfica 3. Correlación NUL-NUS



Jordán et al. (1983), relacionaron el exceso de nitrógeno con problemas reproductivos, observando que la viabilidad del ovulo y los espermatozoides se redujo cuando ofrecían excesos de proteína en la dieta. Estos mismos autores coinciden con que la concentración de urea en la leche es proporcional a la concentración de urea en la sangre, por lo tanto un alto nivel de urea en la leche será indicativo de que los animales están siendo alimentados con niveles excesivos de proteína lo que crea mayor concentración de nitrógeno en heces y orina.

La nutrición de proteínas puede afectar a la reproducción a través de efectos tóxicos de amoníaco y sus metabolitos en gametos y embriones tempranos a través de las deficiencias de aminoácidos y por consecuencia del balance energético negativos. Ferguson et al. (1989).

LITERATURA CITADA

- Acedo, J. y R. Gonzales. 1997. Avances en nutrición y alimentación animal. Rev. Últimas tendencias de investigación en vacas lecheras. 8:21-61
- Arias, J. y A. Nesti de Alonso. (1999) Importancia de los niveles de nitrógeno ureico en leche y sangre en el ganado lechero (Rev. Fac. Agron.Luz), 16: 553-561
- Bach, A. G., and B. Huntington, S. Calsamiglia, and M.D. Stern. 2000. Nitrogen metabolism of early lactation cows fed diets with two different levels of protein and different amino acid. J. Dairy Sci.83:2585–2595
- Ballard, C. S., E. D. Thomas, D. S. Tsang, P. Mandebvu, C. J. Sniffen, M. I. Endres and M. P. Carter. 2001. Effect of hybrid corn silage dry matter yield, nutrient composition, in vitro digestion, intake of dairy heifers and milk production in dairy cows. J Dairy Sci. (2):442-452.
- Barlow, J. S., J. K. Bernard, and N. A. Mullis. 2012. Production response of corn silage produced from, rib regular coffee, or waxy maize hybrids. Dairy Sci. 8: 4550-4555.
- Beam, S. W., and W. R. Butler. 1999. Effects of energy balance on follicular development and first ovulation in postpartum dairy cows. J Reprod Fertil Suppl. 54:411-424.
- Bequette, B. J., F. R. Backwell and L. A. Crompton.1998. Current concepts of amino acid and protein metabolism in the mammary gland of the lactating ruminant. Journal Dairy Science. 81:2540-2559.
- Burke, C. R. and J .R. Roche. 2007. Effects of pasture feeding during the periparturient period on postpartum anovulation in grazed dairy cows. Journal of Dairy Science. 90:4302-412.

- Butler, W. R. 1998. Effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. *Journal Dairy Science*. 81:2533-2539.
- Butler, W. R. 2000. Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Anim Reprod Sci*.60-61:449-457.
- Butler, W. R. 2003. Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livestock Production Science*. 83:211-218.
- Butler, W. R., J. J. Calaman, and S. W. Beam. 1996. Plasma and Milk Urea Nitrogen in Relation to Pregnancy Rate in Lactating Dairy Cattle Department of Animal Science, Cornell University, Ithaca, NY 14853:858 -864.
- Blanchard, T., J. D. Ferguson, L. Love, T. Takeda, B. Henderson, J. Hasler, and W. Chalupa. 1990. Effect of dietary crude protein type on fertilization and embryo quality in dairy cattle. *Am. J. Vet*. 51:905.908.
- Bridges, G. A., M. L. Day, T. W. Geary, and L. H. Cruppe. 2013. Triennial Reproduction Symposium: deficiencies in the uterine environment and failure to support embryonic development. *J Anim Sci*. 7:3002-3013.
- Caicedo, C. G. 2011. Uso y conservación de forrajes. *Especialista en producción animal y agronomía de forrajes*. Rev. 2:44-47.
- Cañete, M. V. y J. L. Sancha. 1998. Ensilado de forrajes y su empleo en la Alimentación de rumiantes, *Rev. Mundi prensa* 1: 46-48.
- Chagas, L. M., J. Bass, D. Blache, C. R. Burke, J. K. Kay, D. Lindsay, M. C. Lucy, G. B. Martin, J. Meier, F. M. Rhodes, J. R. Roche, and R. Webb. 2007. Invited review: new perspectives on the roles of nutrition and metabolic priorities in the sub fertility of high-producing dairy cows. *J. Dairy Sci*. 90:4022–4032.

- Diskin, M. G., J. J. Murphy, and J. M. Sreenan. 2006. Embryo survival in dairy cows managed under pastoral conditions. *Anim. Reprod. Sci.* 96:297–311.
- Diskin, M. G., and D. G. Morris. 2008. Embryonic and early fetal losses in cattle and other ruminants. *Reprod. Domest. Anim.* 43:260–267.
- Dhiman, T. R. and L. D. Satter. 1997. The increase performance of dairy cows fed different proportions of alfalfa silage and corn silage. *Dairy Sci.* 9:2069-2082.
- Elrod, C. C., and W. R. Butler. 1993. Reduction of fertility and alteration of uterine pH in heifers fed excess ruminally degradable protein. *J Anim Sci.* 71:694-701.
- Ferguson, J. D. 1889. Impact of Protein Nutrition on Reproduction in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science.* 72:746-766.
- Ferguson, J. D. 1991. Nutrition and reproduction in dairy cows. In: *The Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice – Dairy Nutrition Management.* 7:483-507.
- Ferguson, J. D., D. T. Galligan, T. Blanchard and M. Reeves. 1993. Serum urea nitrogen and conception rate: the usefulness of test information. *J Dairy Sci.* 76:3742-3746.
- Fraser, A. F. and D.M. Broom. 1990. *Farm animal behavior and welfare.* Bailliere Tindall. Londres, Reino Unido. Book. 0-85199-160-2.p.547
- Garcés, M., E. S. Holguín, G. S. D'León, and S. R. Alzate. 2006. Evaluación de la calidad bromatológica del ensilaje de pasto kikuyo y maní forrajero. *Semillero de Investigación sobre Materia Orgánica SISMO. Revista Lasallista de Investigación.* Vol. 3: 34-37.
- Galvis, R. D., H. J. Correa and N. F. Ramirez. 2003. Interacciones entre el balance nutricional, los indicadores del metabolismo energético y proteico y las concentraciones

plasmaticas de insulina, e IGF-1 en vacas en la lactancia temprana. Rev. Col Cienc Pec 16: 237-248.

Groff, E. B. and Z. Wu. 2005. Milk Production and Nitrogen Excretion of Dairy Cows Fed Different Amounts of Protein and Varying Proportions of Alfalfa and Corn Silage Journal of Dairy Science Volume 88: 3619–3632.

Hutjens, M. 2007. Interpreting milk urea nitrogen values (MUN). Animal manure management. 6:20

Inskeep, E. K. 2004. Preovulatory, postovulatory, and postmaternal recognition effects of concentrations of progesterone on embryonic survival in the cow. J. Anim. Sci.82: 24-39.

Jordan, E., T.,Chapman, D. Holtan, and I. Swanson. 1983. Relationship of dietary crude protein to composition of uterine secretions and blood in high producing dairy cows. Journal of Dairy Science. 66:1854-1862.

Jonker, J. S., R. A. Kohn, and R. A. Erdman. 1998. Using milk urea nitrogen to predict nitrogen excretion and utilization efficiency in lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 81:2681–2692.

Kawashima, C., M. Matsui, T. Shimizu, K. Kida and A. Miyamoto. 2012. Nutritional factors that regulate ovulation of the dominant follicle during the first follicular wave postpartum in dairy cows of high production. J Dairy Science. 58:10-6.

Laven, R. A. and S. B. Drew. 1999. Dietary protein and the reproductive performance of cows. J Dairy Science. 24:687-695.

Leroy, J. L., A. V. Soom, G. Opsomer, I. G. Goovaerts and P. E. Bols. 2008. Reduced fertility in high-yielding dairy cows: are the oocyte and embryo in danger? Part II. Mechanisms

- linking nutrition and reduced oocyte and embryo quality in high-yielding dairy cows. *Reprod Domest Anim.* 43:623-632.
- Luca, L. 2003. Fisiopatología del Hígado de las Vacas de Alta Producción. Prueba área de ganadería leche1.asp.283.
- Melendez, P. y A. Waistein. 2011. El exceso de proteína en la dieta puede hacer ineficiente la fermentación ruminal, así afectar la fertilidad y producción de leche. Cómo medirla y qué se debe tener en cuenta. *Rev. Lechería y nutrición.*1:1-4.
- Macmillan, K. L. 2010. Recent advances in the synchronization of estrus and ovulation in dairy cows. *J Reprod. Suppl:* S 42-7.PMID:20629216.
- McNamara J. P. 2012. Integrating nutritional, genetic and reproductive management in early lactation dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 90:1846–1854.
- McDougall, S. 2006. Reproduction performance and management of dairy cattle. *J Reprod Science.* 52:185-194.
- McDougall, S., D. Blache, and F. M. Rhodes. 2005. Factors affecting conception and expression of oestrus in anoestrous cows treated with progesterone and oestradiol benzoate. *Anim Reprod Sci.* 88:203-214.
- Nakada, K. 2006. How to improve reproductive efficacy from now in Japan. Find out the factors of late lactation to predict postpartum reproductive diseases. *Anim Reprod Sci.* 52:177-183.
- NRC. 1998. National Research Council. Requirements of Dairy Cattle.6th. Revised edition. National Oldick, W. W. Thatcher y C.A. Risco. Academy of Science. Washington. Protein intake and reproduction. 81:3085-3095

- NRC. 2001. National Research Council. Nutrient requirements of Dairy Cattle. 7 rev. ed. Natl. Acad. Sci. Washington, DC.7:43-102
- Nelson, D. and M. Cox. 2000. Lehninger principles of biochemistry. Worth Publishers. New York, U.S.A. 3:11-52.
- Nousiainen, K. J., P. Shingfield and N. Huhtane. 2004. Evaluation of Milk Urea Nitrogen as a Diagnostic of Protein. J Reprod Science. 87:386-398.
- Oba, M. and M .S. Allen. 2000. Effects of brown midrib three mutations in corn silage in the productivity of dairy cows fed with two concentrations of neutral detergent fiber in the diet and feeding behavior nutrient utilization. Dairy Sci. 83:1333-1341.
- O'Connor, M. L., and P. L. Senger. 1997. Estrus detection. Current Therapy in Large Animal Theriogenology. Ed. RS Youngquist. WB Saunders Co. Philadelphia, pp 276-285.
- Olmos, J. J., and G. Broderick. 2006. Effect of dietary crude protein concentration on ruminal nitrogen metabolism in lactating dairy cow. Journal Dairy Science. 89:1694-1703.
- Ortiz, V., H. Wilder, and R. Celial. 2013. Evaluación del nitrógeno ureico sanguíneo y pH uterino en vacas suplementadas con pollinaza como fuente proteica - Volumen 14 N° 6, Revista electrónica de Veterinaria - ISSN 1695-7504.
- Ostrup, E., P. Hyttel, and O. Ostrup. 2011. Embryo-maternal communication signaling before and during placentation in cattle and pig. Reprod. Fertil. 23:964–975.
- Rhoads, M. L., R. O. Gilbert, M. C. Lucy and W. R. Butler. 2004. Effects of Urea Infusion on the Uterine Luminal Environment of Dairy Cows J. Dairy Sci. 87:2896–2901.
- Roche, J. F. 2006. The effect of nutritional management of the dairy cow on reproductive efficiency. Anim Reprod Sci Dec. 96:282-296.

- Ruiz, B. O., Y. Castillo, A. Anchondo, C. Rodriguez, R. Beltran, O. Lao y J. Payan 2009. Efecto de enzimas inoculantes sobre la composición del ensilaje de maíz. Archivos de zootecnia vol. 58: 163-171.
- Sartori, R., R. Sartor-Bergfelt, S. A. Mertens, J. N. Guenther, J. J. Parrish and M. C. Wiltbank. 2002. Fertilization and early embryonic development in heifers and lactating cows in summer and lactating and dry cows in winter. J Dairy Sci.85:2803-2812.
- Seidel, G. E. 1995. Reproductive biotechnologies for profitable beef production. In Proc. Beef Improvement Federation. WY. Theriogenology. Ed. R. S. Youngquist. W .B. Saunders Co. Philadelphia, 28:276-285.
- Sinclair, K. D., M. Kuran, F. E. Gebbie, R. Webb, and T. G. McEvoy. 2000. Nitrogen metabolism and fertility in cattle: II. Development of oocytes recovered from heifers offered diets differing in their rate of nitrogen release in the rumen. J. Anim. Sci. 78:2670–2680
- Schefers, J. M. and K. A. Weigel. 2012. Genomic selection in dairy cattle: Integration of DNA testing into breeding programs. Anim. Front. 2:4–9.
- Shiferaw, Y., B. A. Tenhagen, M. Bekana, and T. Kassa. 2005. Reproductive disorders of crossbred dairy cows in the central highlands of Ethiopia and their effect on reproductive performance. Trop Anim Health Prod.5:427-441.
- Tamminga, S. 1992. Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control. Journal Dairy Science.7: 345-357.
- Vissek, W. J. 1984. Ammonia: its effects on biological systems, metabolic hormones, and reproduction. J Dairy Sci.67:481-98.

- Wattiaux, M. A. and K. L. Karg. 2004. The level of protein in diets based on alfalfa silage and corn: II. Nitrogen balance and manure characteristics. *J Dairy Sci.* 87 (10):492-502.
- Wit, A. A., Y. A. Wurth, and Th. A. Kruip. 2000. Effect of ovarian phase and follicle quality on morphology and developmental capacity of the bovine cumulus-oocyte complex. *J. Anim. Sci.* 78:1277-1283.
- Yawongs, A., R. Wandee and R. Theera. 2000. Relationship between Urea Nitrogen Concentrations in Serum and Milk of Dairy Cows. *J. Dairy Science.*
- Zea, J. S. y M. D. Díaz. 1996. Utilización de pastos y ensilados en la producción de carne de vacuno. Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo Apartado 10. 15080 A Coruña (España) *Revista PASTOS: XXVI* (2): 129-173.
- Zegarra, J. D., G. Vélez, V. Torres, y J. Callohuanca. 2007. Niveles de ensilaje de maíz y su efecto en la utilización proteica y excreción de nitrógeno de vacas lecheras bajo consumo de alfalfa. *Appa-Alpa.* 1:1-8.