

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE CIENCIAS VETERINARIAS



**EFFECTO DE NIVEL DE ENSILAJE DE SORGO DE NERVADURA CAFÉ SOBRE EL
COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO EN VACAS HOLSTEIN EN PRODUCCIÓN**

TESIS
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS VETERINARIAS

PRESENTA
M.V.Z. Gamaliel Antonio Molina

Director de tesis
Dr. Martin Francisco Montaña Gómez

Co-Director de Tesis
Dr. Víctor Manuel González Vizcarra

Asesores
Dr. José Fernando Calderón y Cortés
Dra. Olga Maritza Manríquez Núñez
M.C. Martín Luis Arango Pérez

MEXICALI, B. C., MÉXICO

ENERO DE 2014

Efecto de nivel de ensilaje de sorgo de nervadura café, sobre el comportamiento reproductivo en vacas Holstein en producción. Tesis presentada por Gamaliel Antonio Molina, como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias Veterinarias, que ha sido aprobada por el comité particular indicado:

Dr. Martín Francisco Montaña Gómez
Director Principal

Dr. Víctor Manuel González Vizcarra
Co- Director

Dr. José Fernando Calderón y Cortés
Asesor

Dra. Olga Maritza Manríquez Núñez
Asesor

MC. Martín Luis Arango Pérez
Asesor

MEXICALI, B. C., MÉXICO

ENERO DE 2014

Lista de Contenido

Lista de cuadros	iii
Lista de figuras	iv
Agradecimientos	v
Dedicatoria	vi
Resumen	vii
Abstract	ix
Introducción	1
Hipótesis	3
Objetivo	4
REVISIÓN DE LITERATURA	5
Nutricion de la vaca lechera.	5
Metabolitos resultantes de la degradación proteica.....	6
El proceso de ensilaje.....	7
Uso de ensilajes en la nutrición de la vaca lechera	8
Efectos del nitrógeno ureico sobre los parámetros reproductivos	11
Tasa de concepción.....	12
Manejo de la fertilidad.....	13
Tasa de preñez / inseminación artificial (TP/IA)	14
Efectos en el fluido uterino	15
Ph uterino	15
Composición Iónica	16
Nitrógeno ureico en leche (NUL)	17
Nitrógeno ureico en sangre (NUS).....	19
Efectos del nivel de Proteína en la dieta y su relación con la reproducción	21
Efecto de proteína sobre P4 y ciclicidad	22
Causas de infertilidad	23
Balance energético	24
Nitrógeno ureico en leche y el balance proteico en raciones de vacas lecheras	
Rangos de Nitrógeno Ureico en Leche Y Sangre (NUL y NUS)	25
Nitrógeno Ureico en Leche NUL y su relación con la reproducción en bovinos lecheros	26
Deficiencias Hormonales	27
Eventos de falla reproductiva	29

Programa de sincronización del estro.....	30
Hormonas.....	32
Materiales y Métodos	39
Localización del área de estudio	39
Unidades Experimentales.....	39
.....	39
Tratamientos.....	40
Diseño Experimental.....	¡Error! Marcador no definido.
Resultados y Discusión	43
Conclusiones.....	45
Literatura Citada.....	46

Lista de cuadros

Cuadro 1. Trabajos realizados y resultados del porcentaje de preñez en los primeros 30 días del servicio (preñez temprana) y preñez total ¡Error! Marcador no definido.

Cuadro 2.)..... ¡Error! Marcador no definido.

Cuadro 3. Tratamientos y Protocolo de sincronización ¡Error! Marcador no definido.

Lista de figuras

Figura 1. ¡Error! Marcador no definido.

Agradecimientos

A MI BUEN DIOS: Por darme la fortaleza en momentos difíciles. “Mira que te mando que te esfuerces y seas Valiente, no temas ni desmayes, porque JEHOVA TU DIOS estará contigo en donde Quieras que vayas” Josué 1:9

A la Universidad Autónoma de Baja California, que por medio del Instituto de Investigación de Ciencias Veterinarias en conjunto con la coordinación de dicho instituto permitieron mi ingreso al programa de maestría en ciencias veterinarias y otorgaron todo el apoyo requerido para la realización del proyecto.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por su apoyo económico durante el programa de maestría.

A mi asesor de tesis al Dr. Martin Francisco Montaña Gómez, por la orientación y ayuda que me brindó en todo momento, por su apoyo y amistad que me permitieron adquirir nuevos conocimientos. Al Dr. Víctor Manuel González Vizcarra, por sus conocimientos brindados, por su participación activa en el desarrollo de mi tesis.

A mis hermanos en la fe, Gracias por su amor y por todas sus oraciones a mi favor.

A Fundación PRODUCE-Baja California, por el apoyo financiero aportado para la realización del presente proyecto.

Dedicatoria

A mis padres:

Gamaliel Antonio Grajales y Ofelia Molina Alfaro, por haberme apoyado en todo momento, por sus oraciones y consejos. Por la motivación constante que me han permitido ser una persona de bien, pero sobre todo por su amor y confianza.

A mis hermanos:

† Ayda Elizama Antonio Molina Por ser parte de mi vida; siempre vivirás en mi corazón. Jonathan Antonio Molina, Con mucho amor

A mis abuelitos: Con admiración por su ejemplo **y A todos mis tíos y primos:** Con mucho cariño, por su buen ejemplo Por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida.

A ti: Edna Fabiola Alvarado Pérez: por tu amor y apoyo incondicional.

Resumen

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. Las dietas fueron ofrecidas en partes iguales a las 06:00 y 14:00 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*. La tasa general de gestación observada fue de 66 %, distribuyéndose en los tratamientos de la siguiente manera: 50 %, 75 % y 75 % para los tratamientos 1, 2 y 3, respectivamente. Se observó un incremento lineal ($P < 0.001$) del nivel de NUS a medida que incrementó la presencia de ensilaje en la dieta. Acorde con los resultados observados, podemos concluir que la inclusión de niveles de 60 a 90% de ensilaje de sorgo de nervadura café en sustitución de heno de alfalfa en dietas para vacas Holstein medianas productoras pudiera mejorar el porcentaje de gestación, sin alterar significativamente los niveles de NUS. El experimento contó con 14 días de adaptación a las dietas y 56 días de período de toma de muestras. Los tratamientos consistieron en el nivel de suplementación de ensilaje de Sorgo de Nervadura Café en la dieta, quedando de la siguiente manera TMT 1: 30%; TMT2: 60% y TMT3: 90%. 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. La otra muestra ya centrifugada fue almacenada a -80°C para su posterior análisis de progesterona. A partir del día 21 del inicio del consumo de las dietas experimentales, se inició el programa de sincronización y empadre corto inducido. Acorde con los resultados observados, podemos concluir que la inclusión de niveles de 60 a 90% de ensilaje de sorgo de nervadura café en sustitución de heno de alfalfa en dietas para vacas Holstein medianas productoras pudiera mejorar el porcentaje de gestación, sin alterar significativamente los niveles de NUS.

Palabras clave: Ensilaje de sorgo, Reproducción, Nitrógeno ureico, Preñez

Abstract

We used 12 Holstein cows, who were between 1st and 2nd, and in the first third of lactation. The experimental units were free of health problems in general and without alterations in their limbs. The test of the California Mastitis Test (CMT) in order to verify that the selected units were free of mastitis was performed. Each experimental unit was assigned randomly to each one of the treatments and they were installed in individual pens with automatic individual, drinker feeder shared for two experimental units, with shadow area and rest area. Diets were offered equally at 06:00 and 14:00 hrs. To ensure the ad libitum consumption, was verified a rejection in about 5% of the total offered feeder. The water was provided *ad libitum*. General observed conception rate was 66%, distributed themselves in treatments in the following manner: 50%, 75% and 75% for treatments 1, 2 and 3, respectively. A linear increase ($P < 0.001$) was observed BUN level as it increased the presence of silage in the diet. Consistent with the observed results, we can conclude that the inclusion of levels of 60 to 90% of silage of sorghum from coffee rib instead of alfalfa hay in diets for producing medium-sized Holstein cows could improve the percentage of gestation, without significantly altering the levels of BUN. The experiment had 14 days of adaptation to diet and 56 days of sampling period. Treatments consisted of the level of supplementation of veined coffee sorghum silage in the diet, and follows TMT 1: 30%; TMT2: 60% and TMT3: 90%. The experimental units were milked at 04:30 and 16:30 hrs. During this period pairs via caudal puncture blood samples were taken weekly during the days after the milking of the 04:30 h Friday to each of the experimental units. The samples were centrifuged and one of them was the analysis of N-. Other already centrifuged sample was stored at -80oC for further analysis of progesterone. Starting on day 21 of the beginning of the consumption of the experimental diets, began the synchronization and short breeding program induced. Consistent with the observed results, we can conclude the inclusion of levels of 60 to 90% of silage of sorghum from coffee rib instead of alfalfa hay in diets for producing medium-sized Holstein cows could improve the percentage of gestation, without significantly altering the levels of BUN.

Key Words: Sorghum silage, reproduction, Urea Nitrogen

Introducción

La productividad y consecuentemente la rentabilidad de la ganadería bovina parte de la optimización de la relación costo beneficio, expresado en obtener la mayor cantidad litros. Sin embargo para que estos logros sean posibles es fundamental que el hato tenga una eficiencia reproductiva óptima. En los sistemas de producción de las vacas lecheras, la eficiencia reproductiva representa uno de los aspectos económicos más importantes a considerar para mejorar la producción de leche por vaca; así mismo, esta permite determinar junto a otros indicadores productivos la rentabilidad de las empresas ganaderas.

En la alimentación de bovinos las fuentes proteicas son importantes para cubrir los requerimientos de mantenimiento y producción; los altos costos de los insumos para la alimentación han impulsado la exploración de fuentes alternas de proteínas disponibles localmente y a bajo costo, esto sin causar otro tipo de alteraciones; problemas reproductivos de los hatos lecheros como: bajas tasas de concepción, repetición de calores, aumentos en los días abiertos y en los servicios por concepción, se han asociado con los niveles de nitrógeno de la dieta. Cuando se evalúan los cambios de aminoácidos en las raciones se debe vigilar la producción de leche y los cambios en su proteína. Si se produce un exceso de amoniac en el rumen y no es capturado por los microorganismos ruminales o si se suministra exceso de proteína, se acumula el amoniac del rumen y lo almacenan las células del animal en la sangre. Otra ruta de excreción del NUS (Nitrógeno Ureico en sangre) es su reciclado en el rumen y en la leche. Debido a que la leche es producida a partir de nutrientes de la

sangre, los niveles elevados de NUS dan como resultado niveles elevados de NUL. (Nitrógeno ureico en leche). La determinación de los niveles de nitrógeno ureico sangre y leche es considerada como una nueva herramienta efectiva para determinar el balance proteico de las raciones de ganado lechero. El presente trabajo tiene como objetivo determinar el efecto de nivel de inclusión de ensilaje de sorgo sobre comportamiento reproductivo en vacas Holstein en producción.

Hipótesis

Niveles altos de Nitrógeno ureico en sangre (NUS) por arriba de 18 mg/dl afectan la función reproductiva en vacas Holstein en producción.

Objetivo

General:

Evaluar el nivel de inclusión de ensilaje de sorgo de nervadura café sobre el comportamiento reproductivo en vacas Holstein en producción.

Específicos:

- Evaluar el efecto de fuente de proteína, sobre nitrógeno ureico en sangre (NUS).
- Evaluar el efecto de nitrógeno ureico en sangre (NUS) sobre parámetros reproductivos.

REVISIÓN DE LITERATURA

Nutrición de la vaca lechera

Las recomendaciones para la concentración de proteína cruda (PC) en las raciones de las vacas lecheras varían en un rango de entre 12% y 18% para vacas en la primera parte de lactancia. Las dietas para las vacas medianas productoras (20 Kg a 30 Kg de leche/d) contienen aproximadamente 16 % de PC, la cual es administrada mediante la mezcla de forrajes y concentrados (Coleman, 1977).

Proveer todos los nutrimentos a las vacas altas productoras obliga a ofrecer dietas altas en energía basadas a su vez en altas proporciones de granos. Debido a lo anterior, es frecuente que se presenten alteraciones subclínicas producto de disminuciones inadecuadas del pH ruminal, lo cual se ha asociado con la baja fertilidad. Un factor de riesgo en la pérdida de gestaciones tempranas es la acidosis ruminal. Una hipótesis propuesta del mecanismo de este fenómeno consiste en que la dieta alta de granos ocasiona acidosis y una elevación de endotoxinas libres, las cuales provocan liberación de prostaglandina $F2\alpha$ y regresión del cuerpo lúteo (Ortiz, 1997).

Independientemente del efecto de los cambios metabólicos provocados por el balance energético negativo (BEN), fallas en el balanceo de dietas ofrecidas a las vacas mediana y/o altas productoras también pueden afectar su fertilidad. Este efecto se puede ver cuando se administran dietas con alto contenido de proteína con relación al consumo de energía. Las dietas con contenidos de proteína cruda de 17 a 19% llegan a ocasionar una disminución de la fertilidad; se ha demostrado que las

vacas alimentadas de esta forma tienen altas concentraciones de urea y amoníaco en sangre y en los fluidos uterinos, lo cual puede afectar adversamente la viabilidad de los espermatozoides, óvulo y embrión (Butler, 1998).

En condiciones de campo es frecuente la medición de las concentraciones de urea en leche, lo que permite evaluar las dietas. Las concentraciones sanguíneas de urea mayores de 20 mg/dl se asocian con baja fertilidad. En condiciones *in vitro* se ha observado que concentraciones equivalentes a las que tendrían las vacas consumiendo dietas altas en proteína pueden afectar el desarrollo embrionario, ocasionando una reducción de la proporción de embriones que llegan al estado de blastocisto (Ortiz, 1997).

Metabolitos resultantes de la degradación proteica

En las vacas lecheras la proteína de la dieta está compuesta por dos fracciones, la proteína degradable (PD) y la no degradable (PND). A través de la fermentación ruminal normal la fracción degradable provee una importante fuente de amoníaco para la síntesis de proteína microbiana. Una parte de esta amoníaco escapa de la incorporación por los microorganismos y se difunde fuera del rumen a través de la sangre portal para ser desintoxicada en el hígado mediante su conversión a urea, metabolito que se asocia estrechamente a las disminuciones en la fertilidad. Una segunda fuente de urea producida en el hígado es la desaminación y metabolismos de aminoácidos, los cuales pueden provenir de la fracción de PND, de la proteína microbiana o de las reservas fisiológicas (Butler, 1998).

Otro metabolito de las proteínas es el amoníaco (NH_3) el cual escapa de la detoxificación por el ciclo de la urea es comúnmente inhabilitado para entrar a la circulación sanguínea debido a su alta afinidad al sistema glutaminosintetasa. La glutamina, la cual actúa como portador de nitrógeno en la sangre, es reconocida como una fuente inmediata de NH_3 . Normalmente la glutamina que circula en la sangre es presentada en el riñón y desaminada por vía renal de la glutaminasa y el NH_3 resultante es excretado en la orina. Como la glutamina es probablemente utilizada para la síntesis proteica bajo la influencia metabólica del estradiol, la diferencia observable comúnmente es la excreción de NH_3 en las vaquillas en estro. Debido al incremento del ciclo estral se ha propuesto que el efecto nocivo de las proteínas puede ser atribuido al exceso de NH_3 , posiblemente derivado de la glutamina (Elrod y Butter, 1993).

El proceso de ensilaje

El proceso de la conservación por ensilaje se basa en tratar de inhibir el crecimiento de los microorganismos degradadores de la materia seca (Garcés et al., 2006), lo cual se logra por medio de una fermentación láctica espontánea en condiciones anaerobias. Las bacterias epifíticas de ácido láctico (BAC) fermentan los carbohidratos hidrosolubles (CHS) del forraje produciendo ácido láctico y en menor cantidad, ácido acético. Acorde con Weinberg y Muck, (1996), al generarse estos ácidos, el pH del material ensilado baja a un nivel que inhibe la presencia de microorganismos que inducen la putrefacción. Una vez que el material fresco ha sido

almacenado, compactado y cubierto para excluir el aire, el proceso del ensilaje se puede dividir en cuatro etapas, tal y como lo describen Elferink et al. (1999).

Fase 1 - Fase aeróbica. En esta fase -que dura sólo pocas horas- el oxígeno atmosférico presente en la masa vegetal disminuye rápidamente debido a la respiración de los materiales vegetales y a los microorganismos aeróbicos y aeróbicos facultativos como las levaduras y las enterobacterias. Además, se presenta una actividad importante de varias enzimas vegetales, como las proteasas y las carbohidrasas, siempre que el pH se mantenga en el rango normal para el jugo del forraje fresco (pH 6.5-6.0) (Garcés et al., 2004).

Fase 2 - Fase de fermentación. Esta fase comienza al producirse un ambiente anaeróbico. Dura de varios días hasta varias semanas, dependiendo de las características del material ensilado y de las condiciones en el momento del ensilaje. Si la fermentación se desarrolla con éxito, la actividad BAC proliferará y se convertirá en la población predominante. A causa de la producción de ácido láctico y otros ácidos, el pH bajará a valores entre 3.8 a 5.0.

Fase 3 - Fase estable. Mientras se mantenga el ambiente sin aire, ocurren pocos cambios. La mayoría de los microorganismos de la Fase 2 lentamente reducen su presencia. Algunos microorganismos acidófilos sobreviven este período en estado inactivo; otros, como clostridios y bacilos, sobreviven como esporas. Sólo algunas proteasas y carbohidrasas, y microorganismos especializados, como *Lactobacillus buchneri* que toleran ambientes ácidos, continúan activos pero a menor ritmo. Más adelante se discutirá la actividad de *L. buchneri*.

Fase 4 - Fase de deterioro aeróbico. Esta fase comienza con la apertura del silo y la exposición del ensilaje al aire. Esto es inevitable cuando se requiere extraer y distribuir el ensilaje, pero puede ocurrir antes de iniciar la explotación por daño de la cobertura del silo (p. ej. roedores o pájaros). El período de deterioro puede dividirse en dos etapas. La primera se debe al inicio de la degradación de los ácidos orgánicos que conservan el ensilaje, por acción de levaduras y ocasionalmente por bacterias que producen ácido acético. Esto induce un aumento en el valor del pH, lo que permite el inicio de la segunda etapa de deterioro; en ella se constata un aumento de la temperatura y la actividad de microorganismos que deterioran el ensilaje, como algunos bacilos. La última etapa también incluye la actividad de otros microorganismos aeróbicos -también facultativos- como mohos y enterobacterias. El deterioro aeróbico ocurre en casi todos los ensilajes al ser abiertos y expuestos al aire. Sin embargo, la tasa de deterioro depende de la concentración y de la actividad de los organismos que causan este deterioro en el ensilaje. Las pérdidas por deterioro que oscilan entre 1,5 y 4,5 por ciento de materia seca diarias pueden ser observadas en áreas afectadas. Estas pérdidas son similares a las que pueden ocurrir en silos herméticamente cerrados y durante períodos de almacenaje de varios meses (Honig y Woolford, 1980).

Uso de ensilajes en la nutrición de la vaca lechera

El uso de sorgo en la forma de ensilaje es favorecido por presentar este cultivo niveles de carbohidratos solubles por medio de bacterias que producen ácido láctico en condiciones anaeróbicas, capacidad tampón relativamente baja, contenido de materia seca superior al 20 % y una estructura física que favorece la compactación durante el llenado del silo (Ribeiro, 2007). Un factor importante que determina el tipo de

fermentación en el proceso de ensilaje es el contenido de materia seca de la planta. En ensilajes muy húmedos, los efluentes generados varían de 1 a 11% de la MS y contienen la mayoría de los componentes solubles del forraje, como azúcares, ácidos orgánicos, proteínas y otros compuestos nitrogenados (McDonald et al., 1991).

Según Paiva (1976), los ensilajes de buena calidad puede oscilar entre 30-35% de materia seca. Cuando estos presentan un mayor porcentaje de humedad tienden a ser de mayor costo de producción, ya que el transporte por cantidad de materia seca resulta más caro. El pH de ensilajes muy húmedos tiene que ser más bajo con la finalidad de poder inhibir el crecimiento de *Clostridia spp.* Estas bacterias son indeseables porque producen ácido butírico y degradan la fracción proteica con la consecuente reducción del valor nutricional del ensilaje. Aun cuando el nivel de carbohidratos solubles sea suficiente para promover la fermentación láctica, el consumo voluntario puede verse disminuido. Así mismo, ensilajes muy húmedos producen efluentes que llevan a una pérdida de nutrientes de alta digestibilidad (McDonald et al., 1991).

Acorde con Gerhardt et al. (1994), se ha prestado más atención a los híbridos de sorgos de nervadura café, debido principalmente a su reducido contenido de lignina y correspondiente mejora en la digestibilidad de la fibra detergente neutra (FDN). Esto representa una ventaja importante, ya que la lignina al ser el componente indigestible primario de paredes celulares de la planta, teniendo la capacidad de inhibir la digestión ruminal de hidratos de carbono presentes en la pared celular (Aydin et al., 1999). La

característica principal de estos híbridos es la coloración café-rojiza en la parte media de las hojas, lo que se le conoce como nervadura (Halpin et al., 1998), así como en las partes de mayor lignificación como son los tallos (Luna et al., 2011).

Efectos del nitrógeno ureico sobre los parámetros reproductivos

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).

En estudios realizados por Butler et al. (1996), determinaron que las concentraciones de $NUP > 19$ mg/dl se encontraba estrechamente relacionadas con disminuciones en la tasa de preñez. Estos autores realizaron un experimento en el cual la tasa de preñez se vio disminuida hasta un 18%. En otro experimento la tasa de preñez fue de 21% menor entre las vacas con niveles de nitrógeno ureico en leche (NUL) > 19 mg/dl (Elrod y Butler., 2000).

Dos mecanismos han sido propuestos típicamente como causa de la relación entre altas cantidades de PC en la dieta y la disminución en la capacidad reproductiva, esta son:

- 1) Efecto toxico local sobre el espermatozoide, ovulo, y embrión en desarrollo debido a la alta concentración de amoníaco o urea en el rumen y sangre.

2) La alta cantidad de urea o amoníaco podría reducir la unión de hormonas luteinizante (LH) a los receptores ováricos, llevando a una reducción en la tasa de ovulación y una disminución de producción de progesterona. Sin embargo, ha ido creciendo el apoyo a una nueva teoría que supone un mecanismo de interacción entre PC y los niveles de energía, más que la PC o la ingesta de energía por si sola (Chapa et al., 2002).

Tasa de concepción

La concepción es la formación de un cigote viable por la unión de un espermatozoide masculino y un óvulo femenino. En una finca lechera, estos dos hechos, juntos, resultan en animales de reemplazo y en producción de leche y estos factores juegan un papel importante en las ganancias de la finca. El mejoramiento de la fertilidad representa un acercamiento positivo al manejo del hato lechero moderno. Mantener e incrementar la eficiencia reproductiva en los hatos con alta producción es uno de los retos más importantes a los cuales se enfrentan los médicos veterinarios y ganaderos (Avila 2010).

La reproducción es un proceso biológico muy complejo, que no es manejado de la manera más adecuada y conveniente en mucho de los hatos con alta producción. El avance genético, la reproducción, la nutrición, medicina preventiva y otras prácticas de manejo han propiciado el incremento en la producción láctea del ganado lechero, en especial al ganado Holstein. La eficiencia reproductiva de las vacas lecheras ha ido en declive paulatino, y se menciona que una de las causas es el aumento en la

producción, la cual afecta de forma negativa el comportamiento reproductivo (Avila 2010).

Manejo de la fertilidad

El problema de la infertilidad en los hatos lecheros se debe abordar de dos formas:

- 1) El análisis y evaluación de los parámetro reproductivos del hato.
- 2) Diagnóstico y manejo clínico individual de la vaca fértil.

Con el desarrollo de los programas de control en la reproducción del hato y la tendencia a medir la fertilidad del ganado en la unidad de producción muchas veces la vaca es ignorada de forma individual. A nivel histórico se ha utilizado el intervalo entre parto y parto (PI) y los días abiertos como índices para evaluar el desempeño reproductivo. Para mala fortuna estos dos parámetros son cálculos sesgados ya que solo proporcionan información para resultados positivos y excluyen a los animales restantes, vacías o con problemas. En la actualidad la tasa de preñez (TP) definida como la proporción de las vacas elegibles que quedan gestantes cada ciclo de 21 días, el parámetro preferido para la evaluación del desempeño reproductivo (Overton, 2005).

$$TP = \frac{\text{Número de vacas preñadas}}{\text{Número de vacas elegibles a preñarse}}$$

Es importante que los productores de leche entiendan los factores que afectan la tasa a la cual las vacas se preñan en sus hatos, así como los factores de manejo que ellos pueden controlar para mejorar esta tasa. El servicio a tiempo en vacas lactantes

postparto es esencial para reducir el promedio de días abiertos y el correspondiente Intervalo entre Partos (Fricke 2000).

Un programa de servicio exitoso mejora la rentabilidad al maximizar el tiempo que las vacas están en la etapa más productiva de la lactancia. La tasa a la cual las vacas se preñan en un hato lechero, comúnmente llamada tasa de preñez, es definida como el número de vacas aptas (i.e. vacas vacías que han pasado el periodo de espera voluntario) que conciben en un hato cada 21 días. Dos factores que determinan la tasa de preñez son:

- 1) La tasa de concepción o tasa de preñez por inseminación artificial, y
- 2) Tasa de detección de estro o tasa de servicio.

Comprendiendo como interactúa la tasa de concepción y la tasa de servicio para determinar la tasa de preñez en un hato, revelará la clave para alcanzar la eficiencia reproductiva

Tasa de preñez / inseminación artificial (TP/IA)

La fertilidad de la vaca lechera comúnmente se mide calculando el porcentaje de vacas que conciben después de un solo servicio de IA, también conocido como tasa de preñez. Se consideran cuatro factores generales que determinan la TP/IA en un hato:

- 1) Fertilidad de la vaca;
- 2) Fertilidad del toro;
- 3) Exactitud de los celos; y
- 4) Eficiencia de la IA.

La fertilidad de la vaca se refiere a cualquier factor relacionado con la vaca que

Influenciar el establecimiento de la preñez e incluye factores como nutrición y estrés ambiental. La fertilidad del toro se refiere a la calidad del semen utilizado para la IA. La exactitud de los celos se refiere al momento de la IA con relación al estro antes que a la tasa de servicio o la exactitud para detectar los celos. La eficiencia de la IA se refiere a factores que afectan la tasa de preñez debido a las técnicas de IA utilizadas (Fricke, 2000).

Efectos en el fluido uterino

El ambiente luminal uterino es dinámico y muestras marcadas diferencias entre las distintas etapas del ciclo estral, además de una evolución adicional ocurre durante el inicio de la gestación para resaltar el desarrollo embrionario. La naturaleza cíclica del microambiente en el lumen es la consecuencia de la regulación ovárica esteroideal por medio de las secreciones endometriales. Los efectos locales de las secreciones del blastocito incluye la inducción de la secreción de proteínas específicas por parte del epitelio uterino y la modificación de las condiciones necesarias para dar soporte al embrión. Casos de muerte embrionaria precoz antes de los 7 días de gestación en vacas lecheras lactantes han sido asociados con concentraciones iónicas y proteicas en el ambiente uterino diferentes a las concentraciones encontradas en aquellas vacas con desarrollo embrional normal (Butler, 1998).

pH uterino

Elrod y Butler (1993), realizaron experimentos para describir las condiciones uterinas resultantes de dar raciones altas en proteínas y raciones con concentraciones

de proteínas moderadas, obteniendo así un incremento en el pH de las secreciones uterinas, junto un aumento de magnesio, potasio y fosforo en vacas alimentadas con niveles moderados de proteína. Por su parte, en el grupo que recibieron dietas con alto contenido proteico el pH registrado sobre la fase lútea fue significativamente bajo y similar mostrado durante el estro, y de nuevo se presentó acompañado de una disminución de magnesio, potasio y fosforo intra uterino.

Posteriormente Butler (1998), describió un aumento en el pH luminal uterino de 6.8 durante el estro a 7.1 en el día 7 del ciclo estral como normal, pero también mencionó que este incremento no fue observado ni en vaquillas ni en vacas lactantes alimentadas con dietas excedentes en proteína y que el pH uterino fue inversamente relacionado al nitrógeno ureico en plasma sin importar el tipo de dieta.

Composición Iónica

Alimentar con altas cantidades de proteína en la dieta altera las concentraciones de ciertos iones (magnesio, potasio, fosforo y zinc) y de algunas proteínas no albuminas presentes en el tracto reproductivo. Las concentraciones de zinc se elevan considerablemente con dietas altas en proteínas, y dicha elevación se ha comprobado en estudios sobre uteros en humanos como inhibidora de la unión de progesterona. De esta manera las alteraciones en el ambiente uterino como consecuencias de las dietas altas en proteínas podrían explicar en parte las bajas tasas de concepciones (Canfiel et al., 1990).

Nitrógeno ureico en leche (NUL)

El NUL o MUN (Milk Urea Nitrogen) es el resultado de la difusión del contenido de urea del suero sanguíneo a través de las células secretoras de la glándula mamaria, constituyendo una fracción variable del nitrógeno total de la leche. Su contenido representa alrededor del 50% del nitrógeno no proteico y alrededor del 2.5% del nitrógeno total (DePeters y Ferguson, 1992).

La proporción de NUL con otros componentes nitrogenados de la leche no es constante. El nitrógeno de la leche está presente en tres fracciones principales: caseína, que constituye el 77.9, nitrógeno de la proteína del suero, que representa el 17.2%, y nitrógeno no proteico, que es el 4.9% (Cerbulis y Farrell, 1975). Estas fracciones pueden cambiar de acuerdo a la temperatura, enfermedades, número de partos, días en lactancia y nutrición (DePeters y Cant, 1992).

El NUL es una fracción variable del nitrógeno no proteico de la leche que puede estar entre el 12 y el 17% (Roseler et al., 1993). Se ha observado variación debida a la composición de la dieta que consume la vaca (Lykos et al., 1997), así como por factores tales como la hora del día en que se toma la muestra, al tiempo transcurrido luego de comer, la etapa de la lactancia, raza del animal y número de partos (Rodríguez, et al., 1997).

Las dietas de alto contenido proteico tienden a presentar niveles altos de NUL debido, de una parte, a la mayor degradación de la proteína en el rumen, mayor

producción de amoniaco y mayor conversión de amoniaco a urea en el hígado de la vaca. Por otra parte, la dieta de un nivel alto de proteína tiene normalmente una alta contribución de aminoácidos para absorción en el intestino, los cuales contribuyen una alta proporción de la urea luego de la desaminación en el hígado. Debido al rápido equilibrio de la urea en los fluidos orgánicos, la concentración de urea en leche se ha tomado como un índice de la ineficiencia de utilización del nitrógeno (Baker et al., 1995).

El nitrógeno no solamente es uno de los componentes principales de la ración para vacas lecheras sino también es uno de los componentes más costosos en términos económicos. Tanto su exceso como su deficiencia en la dieta diaria tienen repercusiones negativas sobre el comportamiento productivo de las vacas lecheras haciendo ineficientes los procesos digestivos, metabólicos y de síntesis de la leche (Wright et al., 1998).

Hof et al. (1997), reportaron contenidos promedios de MUN O NUL de 12.6 mg/dl en ensayo con 125 vacas que consumieron 13 raciones balanceadas con diferentes relaciones de proteína y energía. Los valores por tratamiento oscilaron entre 9 y 18.3 mg/dl. Los menores valores de NUL se observaron en las vacas de más alta producción y fueron aumentando a medida que avanzaba la lactancia (tabla 1) y la producción de leche disminuía. Esto autores encontraron una alta correlación ($r^2 = 0.82$) entre el escape de N del rumen y el contenido de MUN en la leche. El valor promedio de pérdida de nitrógeno estuvo significativamente correlacionado con el valor

promedio de MUN ($r = 0.96$) analizado en muestras del tanque colector. Como conclusión recomendaron la validez de la determinación de urea en leche como índice para evaluar la eficiencia de utilización del nitrógeno en vacas lecheras.

TABLA 1. CONCENTRACIONES DE MUN (mg/dl) EN LECHE DE VACAS HOLSTEIN A DIFERENTES PERIODOS POSTPARTO

Semanas en Leche	Leche kg/vaca/d	Proteína (%)	MUN (mg/dl)
5	36.8	3.14	11.78
9	35.0	3.12	12.12
14	32.3	3.22	12.82
20	29.5	3.32	13.59

Promedios de 125 vacas.

Hof et al. (1997). Agricultural University, Wageningen, Netherlands.

Nitrógeno ureico en sangre.

El nitrógeno de amoníaco en el rumen, superior al requisito establecido por lo general es el mayor contribuyente de la urea en la sangre, sin embargo, el catabolismo de las proteínas corporales y desaminación de proteínas de la dieta en exceso puede contribuir al incremento de nitrógeno de urea en la sangre. El amoníaco que no es utilizado o capturado por los microbios del rumen es absorbido a través de la pared del rumen en la sangre portal. La concentración de amoniaco ruminal y el pH del rumen son los dos factores más importantes que a nivel de efecto de intercambio amoníaco con la sangre portal. El pH ruminal normal varía en un rango de 6,0 a 6,8, el amoniaco existe como ion amonio (NH_4^+) y el intercambio con la sangre no está cargado de iones (NH_3) a través de la difusión pasiva. Por lo tanto, los factores de alimentación

pueden elevar la concentración de amoníaco ruminal (es decir, alta proteína dietética soluble) o el pH (es decir, las dietas altas forraje), aumentando finalmente la transferencia de amoníaco a la sangre. El exceso de aminoácidos y péptidos son desaminados en el hígado y N se convierte en urea. El amoníaco, ya que es tóxico para el animal, se convierte rápidamente en urea en el hígado (Swenson y Reece, 1993).

Los niveles normales de amoniaco en sangre (0,1-0,15 mg%) son bajos en relación a los niveles presentes en rumen (10-50 mg%), debido principalmente a la desintoxicación rápida de amoniaco en la sangre a urea en el hígado. Las estimaciones de los costos de la energía para sintetizar y eliminar el exceso de urea se han calculado a cerca de 12 Kcal por gramo de urea sintetizada (Van Soest, 1994).

La urea entra en el sistema circulatorio a través de los senos hepáticos, que drenan en la vena hepática. La urea de la sangre viaja a los riñones y es excretada mediante la orina. La sangre entra en los riñones a través de la arteria renal y se filtra a través de las nefronas (Guyton, 1982). Mediante este proceso se concentra la urea para su posterior excreción. Debido al flujo en contracorriente y las diferencias en la permeabilidad de la membrana en sentido ascendente y descendente en las asas de Henle, un gradiente de concentración para la difusión de la urea en la orina se crea para eliminar la urea de la sangre (Swenson y Reece, 1993).

Además, con altas concentraciones de urea en sangre, más urea se elimina por minuto en comparación con una baja concentración de urea en la sangre. Por lo tanto, la excreción de urea es proporcional a la concentración de urea en sangre. La urea,

debido a que es una molécula neutra pequeña, se difunde fácilmente a través de membranas celulares. Como la leche es secretada en la glándula mamaria, se difunde la urea en y fuera de la glándula mamaria, equilibrando con urea en la sangre. Debido a este proceso, se equilibra con MUN y es proporcional al N ureico en la sangre (Roseler et al., 1993).

Efectos del nivel de Proteína en la dieta y su relación con la reproducción

Debido al hecho de haber correlación positiva entre niveles de proteína bruta (PB) en la dieta y producción de leche, dietas con alta proporción de PB (17 a 19%) son frecuentemente utilizadas en el posparto de vacas de alta producción lechera. Es recomendable que 35% de la PB sea proporcionada en forma no degradadle en el rumen (PNDR) y 65% en la forma degradadle en el rumen (PDR). Alta concentraciones de PB en la dieta, entretanto, han sido asociadas a una reducción en la aptitud reproductiva (Butler, 1998; Santos y Amstalden, 1998; Westwood et al., 1998).

Efecto de proteína sobre P4 y ciclicidad

Según algunos autores, una dieta rica en proteína no tiene impacto sobre el retorno de la ciclicidad en el posparto, sin embargo, la concentración de P4 es baja debido al mayor metabolismo hormonal causado pela mayor producción lechera.

La concepción y el establecimiento de la preñez son eventos interrelacionados con el desarrollo folicular resultando en ovulación, fecundación del ovocito, transporte y desarrollo del embrión, reconocimiento materno de la gestación e implantación.

Hipotéticamente, amonio, urea o alguno otro producto tóxico del metabolismo de la proteína pueden interceder en uno más de esos pasos para perjudicar la eficiencia reproductiva (Butler, 1998).

El amonio es un metabolito de la proteína que escapa de la detoxificación por lo sistema hepático del ciclo de la urea. Otro metabolito de la proteína de la dieta es a la urea, que es formada de la detoxificación del NH_4 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 BEN, o por la combinación de consumo de proteína y BEN (Elrod y Butler, 1993). El BEN puede ser exacerbado cuando combinado con el exceso de proteína en la dieta. Por lo tanto, los efectos combinados del exceso de PDR y status energético, podrían en parte justificar la baja calidad embrionaria observada en vacas en lactación (Sartori et al., 2002).

Altos niveles de PB pueden aumentar niveles de urea y amonio plasmática 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 PB 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).

Causas de infertilidad

Se ha observado que cerca de 90% de los ovocitos son fertilizados después de la monta o inseminación; sin embargo, una alta proporción de estas gestaciones se pierden (Ayalon, 1978). La muerte de los embriones antes del reconocimiento materno de la gestación (días 16 a 19) se considera como muerte embrionaria temprana; la que ocurre entre el reconocimiento materno de la gestación y el momento en que se ha completado la organogénesis (alrededor del día 42), se denomina muerte embrionaria tardía, y la pérdida de la gestación posterior al día 42 se llama muerte fetal. La muerte embrionaria temprana contribuye con la mayor proporción de pérdidas de gestaciones (40-60%), la muerte embrionaria tardía lo hace con 10-15% y la muerte fetal con 5 a 15%. Las causas de las pérdidas de gestaciones son de naturaleza diversa y están asociadas con la alta producción de leche, el intervalo del parto a la primera ovulación, la profundidad del balance energético negativo, problemas del puerperio, momento de la inseminación, técnica de inseminación, características de la dieta, estrés calórico, infecciones uterinas y por factores genéticos (Ayalon, 1978).

Balance energético

Después del parto el consumo de materia seca (MS) se necesita incrementar para cubrir la demanda de nutrientes para la producción de leche. Sin embargo, la vaca es incapaz de consumir la MS necesaria para cubrir sus necesidades, por lo cual recurren a sus reservas de grasa y proteína. Las vacas lecheras después del parto caen en un balance energético negativo (BEN), lo cual significa que la suma de la energía necesaria para su propio mantenimiento y la que requieren para la producción

de leche es mayor que la energía consumida, por lo que se ven obligadas a utilizar sus reservas corporales. Estas vacas llegan a su punto más bajo de BEN entre los días 10 y 20 posparto, y siguen en BEN aproximadamente hasta el día 70 a 80 y en algunos casos (vacas de primer parto) hasta el día 100 posparto (Villa-Godoy et al., 1988).

Todas las vacas caen en BEN durante el periodo posparto y tienen la capacidad de adaptarse a esos cambios. Sin embargo, algunos animales llegan a fallar en este proceso, lo cual puede ser secundario a un bajo consumo de nutrientes provocado por problemas de salud, periodos secos prolongados que provoquen obesidad o por complicaciones durante el parto. El BEN afecta algunos procesos reproductivos, de esta forma se ha asociado con un retraso en la primera ovulación posparto y con una disminución de las concentraciones séricas de progesterona en el segundo y tercer ciclo posparto, lo que potencialmente puede afectar la supervivencia embrionaria. Por otra parte, el BEN también afecta el desarrollo folicular y el potencial de los ovocitos para desarrollar embriones viables (Villa-Godoy et al., 1988; Butler, 2000).

Nitrógeno ureico en leche y el balance proteico en raciones de vacas lecheras

La determinación de los niveles de nitrógeno ureico en leche es considerada como una nueva herramienta efectiva para determinar el balance proteico de las raciones de ganado lechero. Por ejemplo cuando se presenta un exceso de proteína degradable en relación con la energía en el rumen, aumenta la concentración de amoníaco ruminal de forma que si el amoníaco no es utilizado por los microorganismos,

este es absorbido e ingresa a la sangre. Este amoníaco en sangre puede ser entonces tóxico para el animal (Ferguson 1996).

El hígado convierte amoníaco en urea liberándolo a la sangre (nitrógeno ureico en sangre - NUS) que luego es excretado en la orina. Así mismo el NUS puede difundir dentro de la glándula mamaria y también ser excretado en la leche como nitrógeno ureico en leche (NUL). La detoxificación del amoníaco constituye una pérdida de energía para la vaca lechera lo que puede limitar la producción de leche (Ferguson 1996). Los niveles de nitrógeno ureico en sangre y leche tienden a ser muy similares; es decir, una vaca con alto NUS tendrá alto NUL y viceversa (Debido a esta relación existente en rumiantes las concentraciones de NUL pueden ser un buen indicador de la relación proteína-energía en la dieta (McCormick, 2001).

Rangos de Nitrógeno Ureico en Leche Y Sangre (NUL y NUS)

Un rango de NUL de 12 a 18 mg/100 ml es un valor apropiado cuando se evalúa a un grupo de vacas y de 8 a 25 mg/100 ml cuando es de forma individual. Valores de NUL menores a 12 mg / 100 ml se consideran bajos, lo que indicaría un bajo contenido de proteína degradable de los alimentos en comparación a la disponibilidad ruminal de energía lo que tiene como consecuencia una menor eficiencia en utilización y consumo de alimento lo que a su vez afecta producción de leche. Por otro lado se pueden considerar niveles altos valores superiores a 25 mg/100 ml de leche (Ferguson, 1996).

Cuadro 2. Niveles promedios de Nitrógeno Ureico en Leche y Sangre

Urea	Promedio (mg / 100ml)	Rango
Urea en leche a.m.	12.2	7.6 – 20.6
Urea en leche p.m.	14.3	8.2 – 20.1
Urea en sangre	12.1	6.0 – 19

Fuente: Ferguson (1996).

Niveles superiores a 25 mg / 100 ml de leche pueden originar:

- Alto costo de ración debido a un exceso de proteína
- Perdida de energía debido a que la vaca requiere energía para convertir amonio a urea el que luego se excreta en la orina.
- Problemas de fertilidad cuando dicho nivel es excesivo

Estos problemas podrían producirse por:

- Proteína cruda soluble en el rumen es demasiado alta.
- Los niveles de proteína soluble en relación con carbohidratos no fibrosos en los alimentos no son apropiados.

En general, el inadecuado balance de proteína de la dieta puede originar altos o bajos niveles de nitrógeno ureico en leche lo que puede ocasionar perdida de nutrientes, alto costo de alimento, efecto desfavorable sobre la salud del animal y reducción en la producción de leche. Se recomienda el monitoreo de nitrógeno ureico

en leche lo que permitirá ajuste de costo de la ración y adecuada performance productiva y reproductiva de los animales (McCormick, 2001).

Nitrógeno Ureico en Leche NUL y su relación con la reproducción en bovinos lecheros.

Algunos problemas reproductivos de los hatos lecheros como bajas tasas de concepción, repetición de calores, aumentos en los días abiertos y en los servicios por concepción se han asociado con los niveles de nitrógeno de la dieta (Canfield et al., 1990). García-Bojalil et al. (1998), estudiaron los efectos de dos niveles de proteína degradable en la ración de vacas lecheras sobre algunos índices reproductivos. Las vacas que recibieron las mayores cantidades de proteína degradable (15.7%) presentaron la menor frecuencia de fase lutea (60 vs. 92%) en comparación con las que recibieron solamente 11%

Cuadro. 2 Efecto de diferentes niveles de proteína degradable sobre NUS y eficiencia reproductiva (20% PC)

	Proteína Degradable (%)	
	11	15.7
Leche, kg/d	27.1	25.5
NUS, mg/dl	17.1	22.4
Vacas con actividad luteal, %	92	60
Pico progesterona, ng/ml	8.8	6.7

García-Bojalil et al. 1998. University of Florida.

Relación nutrición reproducción en vacas lecheras

Anormalidades Reproductivas en vacas lecheras

La eficiencia reproductiva constituye un conjunto de medidas, expresadas en parámetros reproductivos de beneficio rentable, mientras que la ineficiencia reproductiva comprende uno de los problemas más costosos que enfrenta la ganadería lechera. La fertilidad reducida es preocupación de ganaderos, investigadores y profesionales afines por representar un agravante en la ganadería bovina; por ejemplo en Estados Unidos ha disminuido el porcentaje de concepción en los últimos 40 años; así en 1951, se lograba preñar 65% de las vacas servidas mientras que en 2000 se obtiene menos de 40% (Lucy, 2001 y Hernández, 2000).

Este problema se ha observado también, en México, Europa y Australia. La baja fertilidad ha coincidido con un incremento en la producción de leche, lo cual podría indicar que la alta producción de leche tiene un efecto negativo en la fertilidad. Se deduce, que sí pueden ser factores que influyen en la baja fertilidad, un manejo deficiente de la alimentación en vacas o terneras de recría, incremento de población bovina en los hatos. Todo confinamiento del hato conlleva a otros problemas relacionados con el manejo en la detección de celos, incidencia de factores condicionantes que afectan la reproducción tales como abortos embrionarios, retención de placenta, metritis puerperal, endometritis, quistes ováricos y otros eventos de consecuencias reproductivas. Por tanto, se sugiere que los ganaderos deben

trabajar en estrecha colaboración con el veterinario del hato para desarrollar estrategias de manejo adecuados y analizar las intervenciones más convenientes cuando sea necesario, así como, hacer registros diarios individuales productivos y reproductivos. Infertilidad por Muerte Embrionaria y Fetal Alrededor del 90% de los ovocitos son fertilizados después de la monta o inseminación; sin embargo, una alta proporción de estas gestaciones se pierden (Hernández, 2000).

La muerte de embriones antes del reconocimiento materno de la gestación (días 16 a 19) es considerada como muerte embrionaria temprana. La que ocurre entre el reconocimiento materno de la gestación y el momento en que se ha completado la organogénesis (alrededor del día 42), se denomina muerte embrionaria tardía, y la pérdida de la gestación posterior al día 42 se llama muerte fetal. La muerte embrionaria temprana expresa pérdidas de gestaciones de 40-60%, la tardía de 10-15% y la muerte fetal con 5 a 15% (Hernández, 1994).

Las causas de la muerte embrionaria son diversas y están relacionadas con la alta producción láctea, intervalo de parto a la primera ovulación, balance energético negativo, problemas del puerperio, momento de la inseminación, técnica de inseminación, características de la dieta, estrés calórico, infecciones uterinas y factores genéticos (Hernández, 2000). Fricke (1998), menciona también que la tasa de concepción a los 28 a 32 días post inseminación artificial (IA) en vacas lecheras en lactancia varía del 40 al 47% mientras que la tasa de concepción en vaquillas lecheras

llegan a casi 75% de la misma manera, la pérdida de preñez en vacas lecheras en lactancia es mayor (20%) que en vaquillas de explotaciones lecheras (5%).

Deficiencias Hormonales

La baja fertilidad se indicaba sólo a las vacas repetidoras con más de tres servicios infértiles, sin embargo, actualmente se sabe que este problema es crítico desde el primer servicio, en el cual con frecuencia el porcentaje de concepción no supera el 30% (Morales, 2000). Se han observado vacas altas productoras de leche, con bajas concentraciones séricas de progesterona, lo cual se asocia con la subfertilidad (Hernández, 2000). López (2004), observó que las vacas en lactación tienen un flujo sanguíneo hepático mayor que las vacas no lactantes, lo cual se relaciona directamente con una mayor capacidad hepática para metabolizarlas hormonas esteroides, y que las vacas altas productoras tienen menores concentraciones séricas de estradiol, lo que se ha asociado con una disminución en la intensidad de la conducta estral. Por su parte, Elrod y Butler (1993), observaron que altas concentraciones de urea en sangre reducen la formación de progesterona.

Eventos de falla reproductiva

También ocasionan fallas reproductivas, los quistes ováricos, abortos, retención placentaria, anestro, metritis, reabsorción embrionaria, y diversas alteraciones anatómicas (adherencias, tumores, uro vagina, entre otras).

Quistes ováricos

Los quistes ováricos (quistes foliculares, quistes luteales) en las vacas lecheras y largos intervalos entre partos ocasionan pérdidas económicas y disfunción reproductiva en la ganadería. La incidencia reportada de quistes ováricos en vacas lecheras varía de 10 a 13% (ErbyWhite, 1973; Bartlet, 1986) y los hatos con este tipo de problemas pueden tener una incidencia de 30 a 40% durante períodos cortos. Xolalpa (2002), en un trabajo de investigación realizado en México, reporta que con un total de 4200 animales, se determinó los eventos de falla reproductiva, presentando las mayores incidencias: metritis 21.64%, quistes ováricos 16.15%, aborto 6.6%, infertilidad 3.43%, retención placentaria 3.11% y anestro 1.67%.

Programa de sincronización del estro

En los últimos años se han utilizado diferentes métodos de sincronización del estro para mejorar el manejo reproductivo del hato manteniendo una adecuada tasa de concepción (Dick, 1999). De esta forma la sincronización ha permitido tener control sobre las decisiones que afectan de forma directa la eficiencia del sistema productivo, permitiendo el uso de tecnologías como la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) o en periodos muy controlados de tiempo (Geary et al., 2000).

Hormonas

Para la sincronización del celo se usan protocolos que utilizan hormonas como: prostaglandinas, estrógenos, GnRH, y progestágenos, que permiten manipular

eficientemente el ciclo estral y la ovulación, para inseminar en un periodo establecido y evitar problemas con la detección de celo (Biogénesis-Bagó). La utilización de la prostaglandina F2 α (PGF2 α) ha sido de uso corriente en los últimos años, al igual que el benzoato de estradiol (BE) y gonadotropina coriónica equina (eCG) han sido utilizadas en combinación con dicha prostaglandina para tratar de buscar soluciones a la falta de presencia de celo (Welch et al., 1975; Peters et al., 1977; Dailey et al., 1983; Figueroa et al., 1988; Stevenson et al., 1989).

Para la regulación del ciclo estral en bovinos se utiliza el dispositivo impregnado con progesterona Crestar[®]. La progesterona liberada después de la colocación del dispositivo tiene un rol importante sobre la dinámica folicular ovárica. Al momento de la introducción del dispositivo se simula la presencia del cuerpo lúteo y causa la regresión del folículo dominante iniciando una nueva onda folicular. Por otro lado, la extracción del dispositivo provoca la caída de la progesterona a niveles subluteales que induce el incremento de la LH, el crecimiento y la persistencia del folículo dominante con concentraciones muy altas de estradiol que provocan el celo, y a nivel endocrino, induce finalmente el pico de LH seguido por la ovulación (Syntex S.A. 2008).

La gonadotropina coriónica equina (eCG), también conocida como suero de yegua preñada (PMSG), fue descubierta cuando la sangre de yeguas preñadas produjo madurez sexual en ratas inmaduras. La eCG es una glicoproteína con subunidades alfa y beta similar a las de LH y FSH, pero con mayor contenido de carbohidratos, en especial ácido siálico. Al parecer, este mayor contenido de ácido siálico es la causa de

la larga vida media de la eCG. También se dice que la eCG tiene efectos biológicos tanto de FSH como de LH; los primeros son los dominantes. La eCG se aísla de la sangre de yeguas preñadas y no se encuentra en la orina. Fue una de las primeras gonadotropinas disponibles en el comercio y se emplea para inducir la superovulación (Hafez ,1996). Cutaia et al. (2003), concluyeron que la aplicación de 400 U.I. de eCG en el momento de ser retirado el dispositivo con progesterona aumenta los porcentajes de preñez en vacas con cría y con buena CC. Sin embargo, cuando se utilizaron vacas con pobre o moderada CC la aplicación de eCG aumentó los porcentajes de preñez, sobre todo en vacas sin estructuras ováricas palpables o solo con folículos (sin un cuerpo lúteo) al inicio del tratamiento.

Hormona liberadora de gonadotropina (GnRH)

Un esquema de sincronización de la ovulación utilizando GnRH para la IA a tiempo fijo (Ovsynch) en ganado lechero lactante fue desarrollado por Pursley et al. (1995). La primera inyección de GnRH es seguido 7 días más tarde con una inyección de PGF, seguido en 48 horas por una segunda inyección de GnRH ; IA a tiempo fijo se realiza 0 hasta 24 (de manera óptima de 16 a 18 horas más tarde). El protocolo Ovsynch ha sido mucho más eficaz en vacas lecheras lactantes que en novillas y ha sido utilizado con éxito durante varios años (Seguin, 1997). Aunque la causa de la discrepancia entre las vacas y terneras no se conoce, la ovulación después de la primera inyección de GnRH ocurrido en el 85 % de las vacas, pero sólo el 54 % de las novillas (Pursley et al., 199). Además, el 19% de las novillas se encontraban en estro

antes de la inyección de PGF, lo que reduce drásticamente la fertilidad después de la IATF (Wiltbank, 1997).

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 06:00 y 14:00 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 1. Composición (%de MS) de los tratamientos

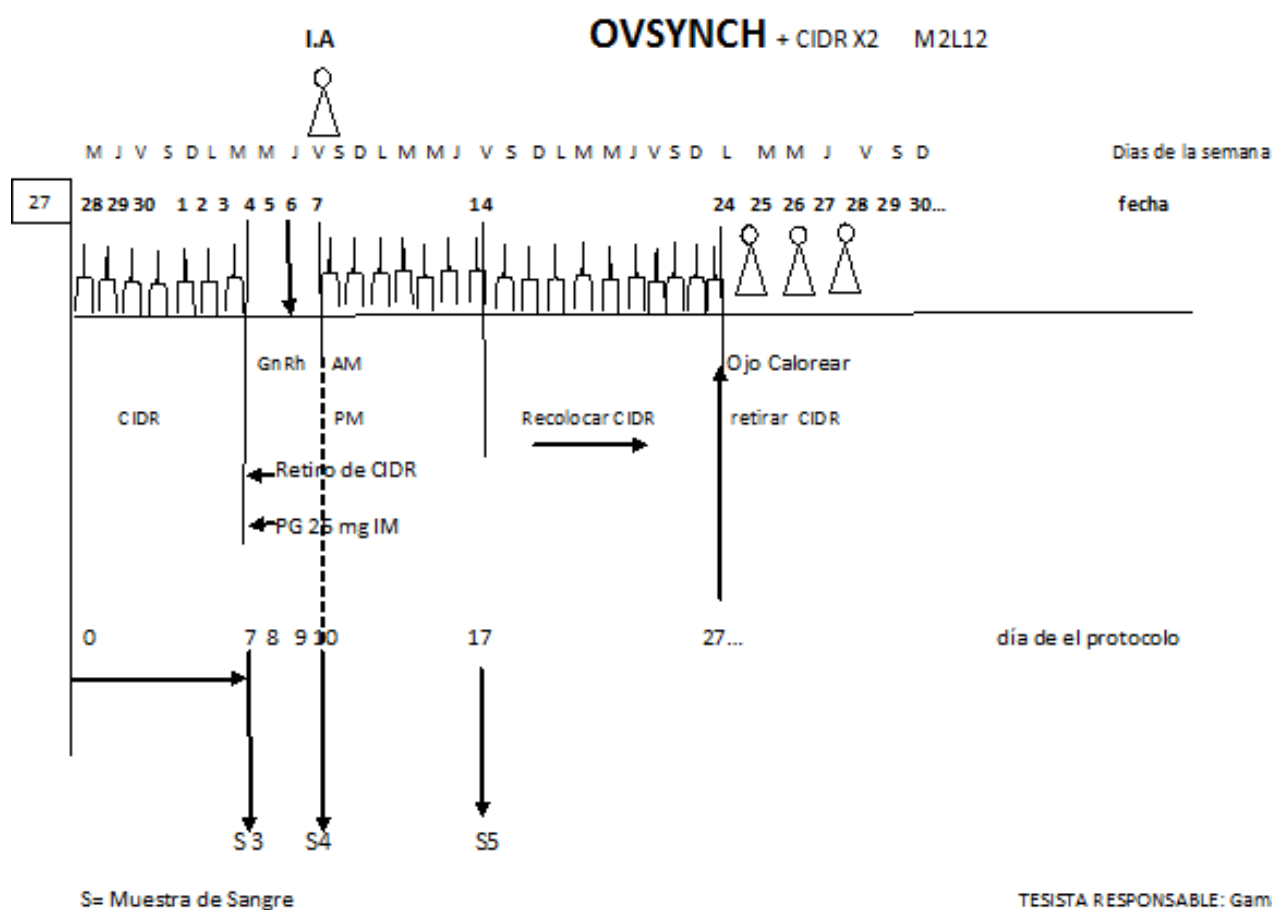
Ingrediente, % MS	Nivel de inclusión de ensilaje (%)		
	30	60	90
Ensilaje de sorgo ¹	43.86	69.06	84.69
Alfalfa heno ¹	31.58	14.37	2.90
Pasta de cacahuete ¹		2.76	4.45
Maíz hojueleado	24.56	13.81	7.80
Fosfato dicalcico	0.16	0.16	0.16
Total	100.00	100.00	100.00
Composición, % de MS			
MS	64.90	51.80	43.80
ENI (Mcal/kg)	1.50	1.50	1.60
Proteína cruda	14.00	14.00	14.00
Extracto etéreo	3.50	3.30	3.10
FAD	22.10	23.80	24.90
FND	31.40	33.30	34.70
Calcio	0.72	0.57	0.45
Fósforo	0.04	0.25	0.35

Tratamientos

El experimento contó con 14 días de adaptación a las dietas y 56 días de período de toma de muestras. Los tratamientos consistieron en el nivel de suplementación de ensilaje de Sorgo de Nervadura Café en la dieta, quedando de la siguiente manera TMT 1: 30%; TMT2: 60% y TMT3: 90%. Los porcentajes anteriores representan el nivel de sustitución de heno de alfalfa por ensilaje de nervadura café (BMS). 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. Se utilizó un análisis de procedimientos GLM de SAS* para un diseño completamente al azar. Se consideró diferencia estadísticamente significativa cuando ($P \leq 0.5$).

Resultados y Discusión

El efecto de los tratamientos sobre tasa de gestación, P_4 en sangre y NUS se muestran en la Tabla . La tasa general de gestación observada fue de 66 %, distribuyéndose en los tratamientos de la siguiente manera: 50 % (2/4), 75 % (3/4) y 75 % (3/4) para los tratamientos 1, 2 y 3, respectivamente. Aunque no se observó diferencia estadísticamente significativa en respuesta a los tratamientos ($P \geq 0.5$), las respuestas observadas para la suplementación del 60 y 90 % de ensilaje de nervadura café fue de un incremento del 50% en comparación con la suplementación de 30% de ensilaje, por lo cual pudiéramos recomendar el uso de estos niveles de suplementación. En cuanto a la tasa de gestación, se observó que la respuesta a este protocolo fue del 91% (11/12 unidades experimentales). Es importante señalar que el único animal que no respondió favorablemente al protocolo antes señalado, presentó un cuadro severo de piometra, lo cual seguramente interfirió en la respuesta esperada.

Tabla . Efecto de los tratamientos sobre gestación, P_4 en sangre y NUS

Componentes	Nivel de inclusión de ensilaje (%)			Valor de P
	30	60	90	
Gestación, %	50	75	75	0.07
P_4 en sangre	6.68	6.49	6.37	0.98
NUS ^a , mg/dl	11.68	16.52	17.38	0.001 ^b

^aNUS = Nitrógeno ureico en sangre.

^bEfecto lineal.

Los niveles sanguíneos de P_4 mostraron un comportamiento esperado. Al mismo tiempo, no se observó diferencia estadísticamente significativa de esta variable en respuesta a los tratamientos ($P \geq 0.98$), al analizar el período completo de muestreo. Al mismo tiempo, en la Tabla se muestran los niveles observados de P_4 en relación a los días específicos considerados en el programa IATF.

Tabla . Nivel de progesterona

Días del protocolo "Ovsynch" ^a				
0	7	10	17	27
5.43	7.39	0.87	8.26	12.87

^aLos días corresponden a partir del día 21 de estar consumiendo las dietas.

Se observó un incremento lineal ($P < 0.001$) del nivel de NUS a medida que incrementó la presencia de ensilaje en la dieta. Los valores observados fueron de 11.668, 16.52 y 17.38 mg/dl, en respuesta a la suplementación de 30, 60 y 90%, respectivamente.

Conclusiones

La inclusión de niveles de 60 a 90% de ensilaje de sorgo de nervadura café en sustitución de heno de alfalfa en dietas para vacas Holstein medianas productoras pudiera mejorar el porcentaje de gestación, sin alterar significativamente los niveles de NUS.

Literatura Citada

Applegate, T. J., M. Latour, y K. E. Ileleji. 2008 Nuevas perspectivas en el uso de Co-productos de la industria de bioetanol en la fabricación de piensos. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. XXIV Curso de Especialización FEDNA. Madrid, España. p. 423

Azzarini, 1985. Vías no genéticas para modificar la prolificidad ovina. II Seminario Técnico de Producción Ovina. Montevideo, Uruguay. p 111-130.

Banchero, G., J. Milton, D. Lindsay, A. La Manna, A. I. Vazquez, y G. Quintans. 2003. Como aumentar la tasa ovulatoria/mellicera en ovejas Corriedale. Jornada Anual de Producción Animal. Montevideo, Uruguay. INIA p 52-56.

Banchero, G., G. Quintans, y A. I. Vázquez. 2002. Alternativas de manejo para aumentar la tasa ovulatoria en ovejas Corriedale. Jornada Anual de Producción Animal. Montevideo, Uruguay. INIA. p 32-36.

Biogénesis – Bagó. s.f, Laboratorios de Argentina para la sanidad animal. (En línea)
Consultado el 15 de noviembre del 2012. Disponible en:
<http://www.biogenesisbago.com/home.php?s=VAD&ss=articulo&articulo=302>

Budny, D., y P. Sotero. 2007. The Global Dynamics of Biofuels. Disponible en: www.wilsoncenter.org/topics/pubs/Brazil_SR_e3.pdf. Consultado Sep. 25, 2012.

Carrere, J. M., C. G. Casella, y F. J. Mitrano. 2005. Efecto del flushing y del destete temporario sobre el comportamiento reproductivo de vacas de carne de segundo entore en anestro y en condiciones corporales subóptimas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. p 87.

Casco, O., M. Estévez, G. Delgado, M. P. García, y M.P. Helguera. 2007. Efecto de la nutrición proteica y energética sobre la tasa ovulatoria de ovejas Corriedale y Alforsul. Universidad de la República de Uruguay, Facultad de Agronomía.p 155.

Claramunt, M. 2007. Efecto de la suplementación energética de corta duración y el destete temporario sobre el crecimiento folicular y desempeño reproductivo de vacas primíparas Hereford. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Facultad de Agronomía, Uruguay.

Coop, I. E. 1966. Effect of flushing on reproductive performance of ewes. J. Agric. Sci. (Cambridge). 67:305-323.

Coleman S. W. and K. M. Barth, 1977. Utilization of supplemental NPN and energy sources by beef steers consuming low protein hays. J. Anim. Sci. 45:1180-1187

- Cutaia, L., G. Veneranda, R. Tríbulo, P. S. Baruselli, y G. A. Bó. 2003. Programas de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo en rodeos de cría: factores que lo afectan y resultados productivos. V° Simposio Internacional de Reproducción Animal. Huerta Grande, Córdoba; p. 119-132.
- Dick, A. 1999. Control del ciclo estral en bovinos lecheros. III Simposio Internacional de Reproducción Animal. 19, 20, 21, de junio, Córdoba, Argentina. p. 95-97.
- Do Carmo, M. 2006. Efecto del destete temporario y suplementación energética de corta duración sobre el comportamiento reproductivo y productivo de vacas de cría primíparas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Facultad de Agronomía, Uruguay. p 62.
- Donnelly, J. R., F. H. W. Morley, and G. T. McKinney. 1982. The productivity of breeding ewes grazing on Lucerne or grass and clover pastures on the Tablelands of Southern Australia. Aust. J. Agric. Res. 33:1085-1097.
- Erickson, G. E., T. J. Klopfenstein, D. C. Adams, and R. J. Rasby. 2006. Utilization of corn products in the beef industry. Nebraska Corn Board and the University of Nebraska. www.nebraskacorn.org. 17 pp.
- Feedstuffs. 2009. Ingredient Analysis Table. Disponible en: <http://www.feedstuffs.com>. Consultado oct. 15, 2012.

Fernández Abella, D. 1993. Principios de la fisiología reproductiva ovina. Montevideo, Hemisferio Sur. p 247.

Fernández Abella, D. 2001. Manual de inseminación artificial por vía cervical en ovinos. Montevideo, SUL. p 71.

García, E. (1988). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones climáticas de la República Mexicana). Instituto de Geografía, UNAM, 250 pp.

Garcés Molina A., L. Berrio., S. Ruiz, J. G. Serna de León, A. F. Builes. 2004. Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. Rev. Lasall. Inv. 1: 66-71.

Geary, T. W., E. R. Downing, J. C. Bruemmer, and J. C. Whittier. 2000. Ovarian and estrous response of suckled beef cows to Select Synch estrous synchronization protocol. J. Anim. Sci. 16:1-5.

Gutierrez-Anez, J. C., R. Palomares, J. Sandoval, A. D. Ondiz, G. Portillo y E. Soto. 2005. Uso de protocolo ovsynch en el control del anestro postparto en vacas mestizas de doble propósito. Revista Científica 15(1):8-21.

Ganzabal, A., Ruggia, A., Miquelerena, J. 2003. Efecto del peso vivo sobre el comportamiento reproductivo. Jornada de Ovinos. Montevideo, Uruguay. INIA. p 1-7.

González-Stagnaro C., Soto E., Goicochea J., González, R., Soto G. 1988. Identificación de los factores causales y control del anestro, principal problema reproductivo en la ganadería mestiza de doble propósito. Premio Agropecuario Banco Consolidado. Caracas, Venezuela. 90 p.

Hafez, E.S.E. 1996. Reproducción e inseminación artificial en animales. 6a. ed. Interamericana McGraw Hill. México. 542 p.

Haresign, W. 1981. The influence of nutrition on reproduction in the ewe, effects on ovulation rate, follicle development and luteinizing hormone release. J. Anim. Prod. 32:197-202.

Honig, H. and M. K. Woolford 1980. Changes in silage on exposure to air. Thomas (ed.) Forage Conservation in the 80s. Occasional Symposium No. 11. British Grassland Society, Hurley, Berkshire, UK. p.76-87.

Jordan, J; Daoud, S.; Marchisio, C.; Macie, M.; Salado, E.; Scándolo, D. S.F.

Evaluación del desarrollo corporal y genital de vaquillonas cruza cebú: efecto del tipo de destete y del sistema de alimentación durante la recría. Técnicos de INTA EEA Rafaela. Trabajo realizado en el marco del Proyecto Ganadero Regional

(CERSAN). Consultado el 16 de mayo de 2010. Disponible en:
http://www.inta.gov.ar/Rafaela/info/documentos/prg/brangus_56_2008.pdf

Kelly, R. W. y K. P. Crocker. 1990. Reproductive wastage in Merino flocks in western Australia; a guide for fundamental research. Perth, University of Western Australia. School of Agriculture. p 1-9.

Kelly, R.W. y S. Mcevan. 1983. Ovulation rate response of heavy and light ewes to flushing. New Zealand Ministry of Agriculture and Fishing. Research Division. Annual Report 1984:218.

Klopfenstein, T. J., G. E. Erickson, y V. R. Bremer. 2008. Use of distillers by-products in the beef cattle feeding industry. J. Anim. Sci. 86:1223–1231.

Lindsay, D. R., 1976. The usefulness to the animal producer of research findings in nutrition on reproduction. Proceedings of Australian Society of Animal Production. 9:217-224.

Lindsay, D. R., T. W. Knight y C. M. Oldham. 1975. Studies in ovine fertility in agricultural regions of western Australia; ovulation rate, fertility and lambing performance. Aust. J. Agric. Res. 26:189-198.

- May, M. L., M. J. Quinn, C. D. Reinhardt, L. Murray, M. L. Gibson, K. K. Karges, and J. S. Drouillard. 2009. Effects of dry-rolled or steam-flaked corn finishing diets with or without twenty-five percent dried distillers grains on ruminal fermentation and apparent total tract digestion. *J. Anim. Sci.* 87:3630-3638.
- McDonald, P., A. R. Henderson, and S. Heron. 1991. *The biochemistry of silage*. 2 ed. Marlow: Chalcombe Publications. p. 340.
- Michels, H., E. Decuypere y O. Onagibesan. 2000. Litter size, ovulation rate and prenatal survival in relation to ewe body weight; genetics review. *Small Ruminant Research*. 38: 199-209.
- Muller, M., I. N. Prado, L. M. Zeoula, D. Perotto, J. L. Moletta, y R. R. Silva. 2010. Flushing em vacas de corte no pós-parto, submetidas ao desmame precoce: desempenho reprodutivo flushing on the postpartum beef cows submitted to early weaning: reproductive performance. *Arch. Zoo*. Vol. 59. p 131-139.
- NRC. 2000. *Nutrient Requirements of Beef Cattle (7th Ed.)*. National Academy Press, Washington, DC.
- NRC. 2001. *Nutrient Requirements of Small Ruminants*. National Academy Press, Washington, DC.

- Paiva, J. A. J. 1976. Qualidade de silagem da região metalúrgica de Minas Gerais. Tesis maestro en Zootecnia. Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.
- Pursley JR, Mee MO, Wiltbank MC. 1995. Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF2 α and GnRH. *Theriogenology*, 44:915-923.
- Rattray Et, P.V., K. T. Jagusch, J. F. Smith, G. W. Winn, y K. S. Mclean. 1980. Gettingon extra 20% lambing from flushing ewe. In: Ruakura Farmer's Conferences (1980). Proc. s.n.t. p 105-117.
- Rhind, S.M. y A. S. Mcneilly. 1986. Follicle population, ovulation rates plasma profile of L.H., F.S.H. and prolactin in Scottish Blackface ewes in high and low levels of body ondition. *Anim. Reprod. Sci.* 10:105-115.
- Rhind. S, M., S. Mcmillen y W. A. C. Mckelvey. 1990. Effect of levels of food intake and body condition on the sensibility of the hypothalamus and pituitary to ovariansteroid feedback in ovariectomized ewes. *Anim. Production.* 52:115-125.
- Robson, C., C. Maglietti, S. López, O. Vogel y R. Celser. 2007. Grado de Desarrollo Reproductivo (GDR): Su utilización en vaquillas entoradas a los 18 meses. Estación Experimental Agropecuaria las Mercedes (E.E.A.) INTA, Argentina. 4 p. Consultado el 15 de mayo de 2010. Disponible en:http://www.produccion-animal.com.ar/información_técnica/cria/101-grado.pdf.

- Schingoethe, D.J. 2004. Corn Co-products for Cattle. Proceedings from 40th Eastern Nutrition Conference, May 11-12, Ottawa, ON, Canada. pp 30-47.
- Smith, J.F.1988. Influence of nutrition on ovulation rate in the ewe. Australian J. Bio. Sci. 41:27-36.
- Smith, J.F.1984. Protein, energy and ovulation rate. In: Land, R.B.; Robinson, D.W. eds. Genetics of reproduction in sheep. London, Butterworths. p 349-359.
- Smith, J.F. 1982. Nutritional manipulation of reproduction. In: World Congress on Sheep and Beef Cattle Breeding (1982). Proceedings. s.n.t. v.I, p 375-385.
- Spiehs, M. J., M. H. Whitney, and G. C. Shurson. 2002. Nutrient data base for distiller's dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. J. Anim. Sci. 80(10): 2639-2645.
- Soca, P., J. Olivera, M. Rodríguez, H. Irazoqui, C. Martínez y R. Rubianes. 2005. Porcentaje de preñez y cambio de estado corporal de vacas de cría suplementadas con afrechillo de arroz y sometidas a destete temporario. Resúmenes 6to Simposio Internacional de Reproducción Animal. Córdoba, Argentina. IRAC. p 456.

Stewart, R., and C. M. Oldham. 1986. Feeding lupin to ewes for four days during the luteal phase can increase ovulation rate. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production*. 16:367-370.

Syntex S.A. Laboratorio Especialidades Veterinarias. Reproducción animal. (En línea) consultado el 21 de octubre del 2012. Disponible en: <http://www.syntexar.com/castellano/web%201024/index1024.html>

Tjardes, J. and C. Wright. 2002. Feeding corn distiller's co-products to beef cattle. *SDSU Extension Extra*. Ex 2036, August 2002. Dept. of Animal and Range Sciences. pp. 1-5.

Vinoles, C., G. Banchemo, and E. Rubianes. 2002. Ovarian follicular dynamics and endocrine profiles in Polworth ewes with high and low body condition. *Animal Science*. 74:539-545.

Welch, J.A., A. J. Hackett, C. J. Cunningham, J. O. Heishman, S. P. Ford, R. Nadaraja, W. Hansel, and E. Inskeep. 1975. Control of estrous in lactating beef cows with prostaglandina F_{2α} and estradiol benzoate. *Journal Animal Science*. 41:1689-1692.

Whitney, M. H., and G. C. Shurson. 2004. Growth performance of nursery pigs fed diets containing increasing levels of corn distiller's dried grains with solubles originating from a modern Midwestern ethanol plant. *J. Anim. Sci*. 82:122-128.