

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
MAESTRÍA EN SALUD Y PRODUCCIÓN ANIMAL
SUSTENTABLE**

Relación del número de parto y el nivel de producción con las excreciones de nitrógeno de ganado bovino productor de leche

TESIS

**Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Maestra en Salud y Producción Animal Sustentable**

Presenta

Ing. Jessica Barrera Hernández

Dirigido por

Dra. Araceli Aguilera Barreyro

Co- dirigido por

Dr. José Luis Romano Muñoz

Asesores

Dr. Konisgmar Escobar García

M. C. Ma. De Jesús Chávez López

M. C. Andrés García Jurado

Santiago de Querétaro, Qro., diciembre de 2017



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Naturales
Maestría en Salud y Producción Animal Sustentable

Relación del número de parto y el nivel de producción con las excreciones de nitrógeno de ganado bovino productor de leche

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de Maestra en Salud y Producción Animal Sustentable

Presenta

Ing. Jessica Barrera Hernández

Dirigido por

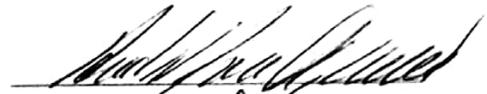
Dra. Araceli Aguilera Barreyro

Co- dirigido por

Dr. José Luis Romano Muñoz

SINODALES

Dr. Araceli Aguilera Barreyro
Presidente


Firma

Dr. José Luis Romano Muñoz
Secretario


Firma

Dr. Konisgmar Escobar García
Vocal

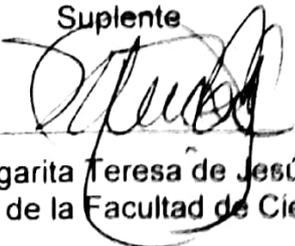

Firma

M. C. Ma. De Jesús Chávez López
Suplente


Firma

M. C. Andrés García Jurado
Suplente


Firma


Dra. Margarita Teresa de Jesús García Gasca
Directora de la Facultad de Ciencias Naturales


Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña
Directora de Investigación y Posgrado

Centro universitario
Querétaro, Qro.
México
Diciembre 2017

RESUMEN

En los últimos años ha incrementado el interés de precisar la formulación proteica para mejorar la producción, reducir costos de alimentación y reducir el impacto medio ambiental. Para evaluar dicho impacto se miden parámetros como el Nitrógeno Ureico en Leche (NUL), el cual es afectado por factores como el clima, época del año, raza, edad, días en leche y alimentación. El objetivo de este estudio fue evaluar la influencia del número de parto y el nivel de producción o periodo de lactación sobre la producción y composición química de la leche, así como en la excreción de nitrógeno en leche y en heces de ganado Holstein. Se emplearon 13 vacas Holstein con un peso promedio de 600 ± 50 kg. Las vacas se seleccionaron por haber parido en el mes de julio y ser vacas de segundo, tercero, o cuarto parto. Estos animales tuvieron un seguimiento durante 6 meses para evaluar el periodo de lactación, es decir lactación temprana (al momento de parir, mes 1) y lactación media (entre 90 a 177 días después de parir). A todas las vacas se les suministró la misma dieta. Mensualmente se tomaron muestras de leche para determinar la composición química y muestras de heces determinando su contenido de N total. También se registró la producción de leche Kg/ día/ mes/ vaca. El análisis de los resultados se llevó a cabo mediante un análisis de varianza de medidas repetidas en el tiempo evaluando periodo de lactación y número de parto. Para las variables evaluadas, las diferencias estadísticas se aceptaron con un valor de $P < 0.05$ y las medidas fueron comparadas mediante la prueba Tukey. La producción de leche y los porcentajes de grasa y proteína no se vieron afectados por el número de parto ni por el periodo de lactación. El contenido de lactosa, sólidos no grasos, fueron diferentes entre los números de parto. La concentración de nitrógeno ureico en leche fue menor al inicio de la lactación en comparación con la lactación media y el balance de nitrógeno fue positivo a lo largo de toda la lactación; sin embargo, fue mayor en la lactación temprana.

Palabras Clave: Holstein, periodo de lactación, nitrógeno.

SUMMARY

In recent years, the interest in specifying protein formulation has increased in order to improve production, reduce feeding costs and reduce environmental impact. To assess this impact, parameters such as Urea Nitrogen in Milk (NUL) are measured, which is affected by factors such as climate, time of year, race, age, days in milk and food. The objective of this study was to evaluate the influence of the number of parturition and production level or the lactation period on the production and chemical composition of the milk, as well as on the excretion of nitrogen in milk and feces of Holstein cattle. We used 13 Holstein cows with an average weight of 600 ± 50 kg. The cows were selected for having given birth in the month of July and being second, third, or fourth calving cows. These animals were followed for 6 months to evaluate the period of lactation, ie early lactation (at the time of giving birth, month 1) and average lactation (between 90 to 177 days after giving birth). All the cows were given the same diet. Milk samples were taken monthly to determine the chemical composition and stool samples determining their total N content. Milk production Kg/ day/ month/ cow was also recorded. The analysis of the results was carried out by means of a variance analysis of repeated measures on time evaluating lactation period and delivery number. For the variables evaluated, the statistical differences were accepted with a value of $P < 0.05$ and the measurements were compared using the Tukey test. The production of milk and the percentages of fat and protein were not affected by the number of parturition or by the period of lactation. The lactose content, non-fat solids differed between the numbers of parturition. The concentration of urea nitrogen in milk was lower at the start of lactation compared to the average lactation and the nitrogen balance was positive throughout the entire lactation; however, it was higher in early lactation.

Key Words: Holstein, lactation period, nitrogen.

DEDICATORIAS

Familia, amigos y seres queridos, quienes son importantes en mi vida. Quienes me han apoyado y aconsejado para hacer de mí una mejor persona. Por la paciencia, el tiempo, la motivación y toda su colaboración para lograr este proyecto. Por creer en mí, este nuevo logro es en gran parte gracias a todos ustedes; he logrado concluir con éxito un proyecto que en principio podría parecer una tarea imposible e interminable.

Quisiera dedicar mi tesis a ustedes, ya que sin su ayuda no lo hubiera logrado. Terminar no fue fácil, pero todo su entusiasmo me facilitó lograrlo.

AGRADECIMIENTOS

A mis sinodales: Dra. Araceli Aguilera Barreyro, Dr. José Luis Romano Muñoz, Dr. Konisgmar Escobar García, M.C. Ma de Jesús Chávez López y M.C. Andrés García Jurado por la paciencia y dedicación que siempre me tuvieron, así como por compartir su experiencia y conocimientos conmigo. Al equipo de trabajo del laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Naturales, Aurora y Lety, quienes estuvieron conmigo y me apoyaron con el manejo de los equipos.

Al Dr. Manuel Espinosa Pozo, Ing. Arturo González de Cosío Barrón, Ing. Carl Heinz Dobler Mehner, porque sin ustedes no hubiera sido posible este logro, por permitirme el acceso al CAETEC y brindarme toda la información y equipo necesario para la realización de mi proyecto. Al equipo de trabajo de los laboratorios de química del Tecnológico de Monterrey, M. C. Blanca Maldonado y Genaro, quienes me apoyaron para la realización de diversos experimentos.

Agradezco especialmente al Doctor Germinal Jorge Cantó Alarcón, Jefe de Investigación y Posgrados de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro, quien confió en mí y me apoyó en todo momento durante mi posgrado orientándome siempre con mucha paciencia.

A mis padres por haberme formado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Gracias por que siempre me han motivado y apoyado para alcanzar mis anhelos y sueños.

Gracias a mi esposo por la paciencia, comprensión y apoyo incondicional, así como toda tu motivación cuando más la necesité. Por escucharme y darme palabras de aliento en los momentos difíciles.

ÍNDICE

RESUMEN	i
SUMMARY	ii
DEDICATORIAS	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE GRÁFICAS	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Generalidades de la producción bovina lechera	3
2.1.1. Producción bovina lechera en el estado de Querétaro	4
2.2 Nutrición y alimentación del ganado bovino lechero	4
2.3 Digestión de ganado bovino lechero	7
2.4 Proteína y urea en el organismo del ganado bovino lechero	8
2.5 Relación del nivel de producción o periodo de lactación con el nivel de urea en sangre y leche.....	11
2.6 Relación del número de parto sobre la composición química de la leche	16
2.7 Influencia del ganado lechero en el ciclo del nitrógeno.....	17
2.7.1 Desperdicios de nitrógeno en la producción de ganado lechero	18
2.7.2 Elementos suministrados en la dieta que influyen en las emisiones de amoníaco	19
2.8 Problemática ambiental.....	21
2.8.1 Emisiones de nitrógeno procedentes de estiércol almacenado.....	22
2.8.2 Descomposición de las heces.	23
2.8.3 Daños ocasionados por las emisiones de nitrógeno.....	23
2.9 Estrategias para reducir emisiones de NH ₃	26
3 OBJETIVOS	28

3.1	Objetivo general.....	28
3.2	Objetivos específicos	28
4	MATERIALES Y MÉTODOS	29
4.1	Animales:	29
4.2	Obtención de muestras:	33
4.3	Análisis químico:	34
4.4	Balance de nitrógeno aparente	34
4.5	Análisis estadístico:	35
5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
5.1	Composición de las dietas	36
5.2	Consumo de alimento	36
5.3	Producción láctea	38
5.4	Composición de leche.....	39
5.5	Balance de nitrógeno (consumo, secreción y excreción de N)	49
6	CONCLUSIONES.....	55
7	LITERATURA CITADA	56

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1 Análisis del NUL como indicador del balance de energía-proteína en la dieta de vacas lecheras	12
2 Aspectos ambientales afectados por los sistemas de producción animal	25
3 Características de los corrales y localización de vacas seleccionadas	31
4 Dietas ofrecidas a las vacas del 19 de mayo al 20 de diciembre de 2016	32
5 Composición química del alimento	36
6 Especificaciones fisicoquímicas de la leche cruda	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1 Metabolismo de la proteína	10
2 Evaluación de dietas utilizadas en vacas lecheras de menos de 45 días de lactación, mediante la relación del NUL y de la proteína	14
3 Evaluación de dietas utilizadas en vacas lecheras entre 46 y 150 días de lactación, mediante la relación del NUL y de la proteína	15
4 Evaluación de dietas utilizadas en vacas lecheras de más de 150 días de lactación, mediante la relación del NUL y de la proteína	16
5 Medio de pérdidas de nitrógeno amoniacal en las diversas fases de la producción animal	23
6 Pérdidas de nitrógeno asociadas a las emisiones de NH ₃ a la atmósfera, en las distintas fases de la gestión del estiércol	24
7 Proceso microbiológico de transformación de materia orgánica	27

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica	Página
1 Milímetros de precipitación de Julio a Diciembre de 2016	30
2 Consumo de materia seca (MS), Kg por periodo de lactación	37
3 Consumo de materia seca (MS), Kg por número de parto	38
4 Producción láctea (L/día) por número de parto, con respecto al periodo de lactación	39
5 Contenido de grasa (%) en leche por número de parto, con respecto al periodo de lactación	40
6 Contenido de proteína cruda (PC) (%) en leche por número de parto, con respecto al periodo de lactación	41
7 Contenido de lactosa (%) en leche en relación al periodo de lactación	43
8 Contenido de lactosa (%) en leche en relación con el número de parto	43
9 Contenido de sólidos no grasos (SNG) (%) en leche por número de parto, con respecto al periodo de lactancia	44
10 Contenido de sólidos no grasos (SNG) (%) en leche en relación con el número de parto	45
11 Contenido de N- ureico (%) en leche en relación al periodo de lactación	47
12 Cantidad de nitrógeno consumida (Kg/ día) con respecto al periodo de lactación	50
13 Cantidad de nitrógeno consumida (Kg/ día) con respecto al número de parto	50
14 Cantidad de nitrógeno secretado en leche (Kg/ día) con respecto al periodo de lactación	52
15 Cantidad de nitrógeno excretado en heces (Kg/ día) con respecto al periodo de lactación	53
16 Balance aparente de nitrógeno (Kg/ día) con respecto al periodo de lactación	54

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha incrementado la preocupación por mejorar la calidad de la proteína digestible en el intestino delgado del animal, con el interés de mejorar la precisión en la formulación proteica, dependiendo no sólo de la necesidad de seguir mejorando la producción y reducir costos de alimentación, sino también por reducir el impacto medio ambiental del uso excesivo del nitrógeno en las dietas (Díaz, 2016).

La contribución de las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) en 2010 del sector agropecuario fue del 12.3% (SEMARNAT, 2013). Las emisiones de nitrógeno (N) de la ganadería son uno de los principales contribuyentes a las emisiones de amoníaco (NH_3) y óxido nitroso (N_2O) en las unidades de producción bovina (Davidson, 2009). Las unidades productoras ganaderas, en particular las de carne de bovino y las de producción de lácteos, representan la mayor parte de las emisiones, contribuyendo con el 41 y 20%, respectivamente de las emisiones totales del sector agropecuario (Steinfeld *et al.*, 2009).

El excedente de compuestos de N antropogénico en la atmósfera ha tenido un efecto perjudicial sobre el medio ambiente y está vinculado a importantes problemas de salud humana, incluyendo problemas con las vías respiratorias como enfermedades pulmonares, bronquitis crónica, así como mortalidad prematura (Fowler *et al.*, 2013; McCubbin *et al.*, 2002). A medida que la población humana va en ascenso, la demanda de alimentos de origen animal como carne y lácteos seguirá aumentando, y el reto es satisfacer esta demanda reduciendo al mínimo los daños al medio ambiente.

Las estrategias de mitigación para reducir la cantidad de N perdido al entorno por las unidades de producción de ganado bovino se han dividido en 2 grandes categorías: la primera, las estrategias de alimentación para reducir la cantidad de N excretado por la vaca lechera por unidad de leche o de carne producida, y la segunda la gestión del estiércol para reducir la cantidad de N perdido tanto en el almacenamiento como en la aplicación al suelo. Para evaluar la eficacia de las

estrategias para reducir los efectos ambientales negativos es importante cuantificar la pérdida de nutrientes bajo diferentes alternativas de manejo (IPCC, 2006).

Uno de los aspectos más importantes en la producción de leche es la nutrición de los animales, ya que se debe tener una utilización apropiada de la proteína en el alimento. La cual se traduce en un alto rendimiento productivo de los animales, así como un buen mantenimiento de las funciones reproductivas, de la condición sanitaria del animal y el cuidado ambiental. El suministro de proteína en la ración debe ser la adecuada para cubrir las necesidades productivas y de mantenimiento del animal, sin embargo, existen diferentes factores que afectan el aprovechamiento de dicha proteína y este va a depender de la genética, edad, estado fisiológico, y medio ambiente (Vázquez y González, 2006)

Por lo que suministrar una ración balanceada correctamente provocará tener un buen aprovechamiento de los nutrientes y se reflejará en una alta producción. El balance ideal será cuando la cantidad de N secretada en leche sea mayor a la cantidad de N excretado en heces, y la suma de estos sea menor a la cantidad de N suministrado en la dieta (Elizondo, 2009).

La intensificación de la producción de leche ha permitido hacer más eficiente el proceso de producción e incrementar la cantidad de leche. Las nuevas tecnologías, además de mejorar la productividad, se han enfocado en disminuir el daño ambiental. Sin embargo, se ha demostrado que la intensificación de los sistemas ganaderos influye en el incremento de los flujos de energía y de nutrientes, y en riesgos de contaminación (Herrero y Gil, 2008).

Debido a lo anterior, es de suma importancia desarrollar investigaciones que permitan evaluar y determinar la influencia del número de parto y el nivel de producción o periodo de lactación, así como bajo qué circunstancias el ganado bovino productor de leche genera una mayor emisión de contaminantes ambientales, con el fin dar recomendaciones viables y eficientes para mitigar dicha contaminación.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 GENERALIDADES DE LA PRODUCCIÓN BOVINA LECHERA

En México la producción de leche de bovino es muy heterogénea desde el punto de vista tecnológico, agroecológico y socioeconómico, incluyendo una gran variedad de climas regionales y características de tradiciones y costumbres de las poblaciones donde se lleva a cabo. Sin embargo, de acuerdo con la Secretaría de Economía, SE (2012) la industria de productos lácteos es la tercera actividad más importante dentro de la rama de la industria de alimentos en México, y depende de la disponibilidad de la leche nacional para su crecimiento.

En el 2016, México ocupó la novena posición en la producción mundial de leche, por lo que 3 de cada 100 kilos que se producen en el mundo son de origen mexicano (SIAP, 2016). Según cifras del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SIAP (2016), de la SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación), para el 2016 la producción nacional de leche de bovino alcanzó 11,607,493 toneladas, lo que significó 1.9% más que en el 2015 con 11,394,663 toneladas.

La intensificación de la producción ha permitido mejorar eficiencias e incrementar la producción de leche. Las nuevas tecnologías, además de mejorar la productividad, se orientan a disminuir daño en el ambiente, y evitar así la degradación de los recursos renovables, como el agua, el aire y el suelo. Se ha demostrado que la intensificación de los sistemas ganaderos resulta en el incremento de los flujos de energía y de nutrientes, y en riesgos de contaminación (Herrero y Gil, 2008). La contaminación atmosférica por GEI es la más relevante debido a sus efectos a nivel global. Los principales GEI son el dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso. Estos gases son componentes normales de la atmósfera y permiten mantener la temperatura alrededor de los 15-16°C. El aumento de sus concentraciones por las actividades humanas (industriales, agropecuarias y de transporte) se ha relacionado con el calentamiento global. La

ganadería contribuye a través de la emisión de metano y óxido nitroso, los cuales derivan de la dieta suministrada a los animales y del manejo del estiércol (Herrero y Gil, 2008).

2.1.1. Producción bovina lechera en el estado de Querétaro

La población bovina lechera en el estado de Querétaro se ha incrementado en los últimos años, según datos del SIAP (2015) en el 2015 se tuvo un inventario de 107,659 cabezas. Los municipios que tienen la mayor población son El Marqués, Colón y Pedro Escobedo con 50,622, 18,980 y 12,523 cabezas, respectivamente. La producción de leche en el estado de Querétaro en el año 2015 fue de 364,177 toneladas, de las cuales la mayor producción se obtuvo en los municipios de El Marqués, Colón y Pedro Escobedo con 128,814.16, 82,200.21 y 76,263.47 toneladas, respectivamente (SEDEA, 2016).

2.2 NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN DEL GANADO BOVINO LECHERO

Existen dos términos, nutrición y alimentación, que tienden a emplearse indistintamente, sin embargo, su significado es diferente y es importante diferenciarlo. Nutrición es la disciplina que estudia el consumo de alimento, los procesos físicos y químicos a que se somete éste durante su paso por el tubo digestivo, la absorción de los nutrientes liberados a través de las paredes gastrointestinales y el transporte, y posterior utilización celular de los nutrimentos por medio de los procesos metabólicos. Mientras que la alimentación es la serie de normas o procedimientos a seguir para proporcionar a los animales una nutrición adecuada. Por tanto, la alimentación se refiere a lo que se ofrece de comer (ingredientes, cantidades, presentaciones), a diferencia de la nutrición la cual se enfoca en las transformaciones del alimento desde el momento de ingerirlo. Los nutrientes son los componentes básicos de un alimento, útiles para el animal que los consume, y los alimentos son los ingredientes que proveen al animal de los nutrientes (Shimada, 2009).

Los nutrientes presentes en la ingesta de un animal son, agua, proteínas (formadas por aminoácidos), nitrógeno no proteico (urea, sales de amonio, nitratos,

nitritos, entre otros), fibra formada por carbohidratos solubles (hexosas, pentosas, fitoglucógeno, amilopectina, amilosa, pectina), y carbohidratos estructurales (celulosa, hemicelulosa), lípidos (triglicéridos, glicerol, ácidos grasos, glucolípidos), minerales (calcio, fósforo, sodio, potasio, cloro, magnesio, manganeso, zinc, cobre, hierro, yodo, selenio, cobalto, molibdeno, azufre, flúor), vitaminas liposolubles (A, D, E, K), vitaminas hidrosolubles (tiamina, riovflavina, B₆, B₁₂, ácido nicotínico, ácido pantoténico, folacina, colina, inositol, biotina, ácido ascórbico) (Shimada, 2009).

Al alimentar una vaca se tienen que cubrir dos funciones básicas: su sostenimiento con buena salud, sin pérdida de peso, y la producción de leche, que provienen de los nutrientes adicionales a sus necesidades de desarrollo y mantenimiento (Lesur, 2005).

Basándose en la composición de los alimentos se debe decidir los ingredientes a emplearse y sus combinaciones. La composición química del alimento puede obtenerse de tres formas: a partir de valores tabulados, análisis químico proximal y la espectroscopía de reflexión del cercano infrarrojo de los alimentos. Los primeros son rápidos y útiles para tener una idea general sobre la composición del alimento, el segundo proporciona datos más exactos a un alto costo y el tercero combina la ventaja de la rapidez con bajos costos y exactitud en los resultados (Shimada, 2009).

Los alimentos se clasifican dependiendo de su composición de acuerdo al National Research Council (NRC, 2001), existen 8 clases de alimentos:

Clase 1: forrajes secos y rastrojos, los cuales contienen más del 18% de fibra cruda (FC), más de 65% de fibra neutro detergente (FDN) en base seca (BS), alto contenido de lignina y fibra ácido detergente (FDA) y poca energía neta (EN) por unidad de peso. Los cuales se conservan gracias a su bajo contenido de agua, entre 10% y 20% de humedad, mediante procesos físicos como el picado, la molienda o el peletizado (NRC, 2001).

Clase 2: pasturas y forrajes verdes, los cuales son alimentos de corte que se cosechan en fresco tienen un alto contenido de FDN entre 35% y 65%, se ofrecen en verde, con una humedad de 45% (NRC, 2001).

Clase 3: ensilados, son forrajes verdes con alto contenido de humedad entre 65% y 75% y con un contenido de FDN entre 35% y 65%, con un proceso de conservación basado en la acidificación mediante un proceso de fermentación anaeróbica (NRC, 2001).

Clase 4: alimentos energéticos, los cuales se dividen según los nutrientes que aportan, carbohidratos solubles o lípidos, pero son característicos por contener un porcentaje menor al 18% de proteína cruda (PC), menos del 18% de FC y menos del 35% de FDN (NRC, 2001).

Clase 5: suplementos proteicos, que pueden ser de origen vegetal o animal y se caracterizan por tener más de 18% de PC, menos del 18% de FC y menos del 35% de FDN (NRC, 2001).

Clase 6: suplementos minerales, los cuales son elementos necesarios en el organismo para satisfacer las necesidades del animal para llevar a cabo funciones en diversos tejidos. Los minerales se dividen en macroelementos, micromelementos y oligoelementos según sus requerimientos, en mayor, menor y mínima proporción respectivamente, sin embargo todos son esenciales (NRC, 2001).

Clase 7: suplementos vitamínicos, deben ser suministrados mediante el alimento, sin embargo, se debe asegurar que los tratamientos aplicados a los concentrados no afecte la disponibilidad de las vitaminas, o provoque se oxiden y se pierdan. En el rumen se producen las vitaminas del complejo B y la vitamina K. Un exceso de vitaminas puede generar que se almacenen en tejido adiposo en el caso de las vitaminas liposolubles o se eliminen mediante las heces en el caso de las vitaminas hidrosolubles (NRC, 2001).

Clase 8: aditivos, se dividen según su función, es decir, sí es para los animales o para el alimento. En caso de ser para el alimento ayudan a preservando o mejorando los ingredientes. Se dice que son para los animales cuando promueven

el consumo, actúan como amortiguadores para regular el pH, antibióticos, pigmentos, deodorizantes, anabólicos, ionóforos, microbianos, prebióticos o probióticos (NRC, 2001; Ravindran, 2010).

2.3 DIGESTIÓN DE GANADO BOVINO LECHERO

La vaca lechera, es un animal rumiante, cuyo tubo digestivo tiene cuatro compartimientos, de los cuales sólo uno es considerado como estómago verdadero. Estas características del tubo digestivo le dan una ventaja ante los no ruminantes en la digestión y aprovechamiento de alimentos vegetales y otros compuestos, como la celulosa y la urea, los cuales puede aprovecharlos gracias a la fermentación y a la actividad de los microorganismos ruminales, convirtiéndolos en leche y carne, que son dos alimentos altamente nutritivos para los seres humanos (Bath *et al.*, 1982).

El rumen es el primer y más grande compartimento, con una capacidad para 150 a 225 litros de alimento fibroso en el animal adulto. Cuando las vacas comen, mastican el alimento sólo lo necesario para poder tragarlo. Una vez en el rumen, las bacterias que se encuentran ahí se encargan de degradarlo por primera vez. Después de cierto tiempo, cuando la vaca está en reposo, el alimento es regurgitado hacia la cavidad oral, donde se lleva a cabo la remasticación y reinsalivación, para luego ser redeglutido (Lesur, 2005). A todo este proceso se le llama *rumia*, que tiene como objetivo disminuir el tamaño de partícula (especialmente de alimentos fibrosos de baja digestibilidad) para incrementar la superficie de digestión, gracias a este proceso es que los bovinos pueden digerir enormes cantidades de alimentos fibrosos y transformarlos en energía, carne y leche (Church, 1998).

El retículo es el compartimento donde se retienen muchos de los cuerpos extraños que el animal ingiere, como clavos, alambres y otros objetos. El omaso es el tercer compartimento. Allí se elimina el exceso de agua antes de que los alimentos entren al abomaso. El abomaso es conocido como el estómago verdadero, ya que es el único compartimento en donde se secretan los jugos gástricos necesarios para la digestión de las proteínas. El alimento que sale del

abomaso pasa al intestino delgado donde los componentes son digeridos y absorbidos pasando al torrente sanguíneo. El alimento que no fue digerido se elimina en forma de heces (Lesur, 2005).

Existe un método para evaluar la digestibilidad de los alimentos, el cual es llamado digestibilidad aparente, en el que se evalúan los nutrientes suministrados en la dieta y en las heces defecadas, haciendo una diferencia entre ambos se puede obtener los nutrientes absorbidos. Sin embargo, en el caso de las proteínas el rumiante excreta tanto nitrógeno metabólico, sintetizado por las bacterias ruminales, como el nitrógeno no digerido, proveniente de la proteína suministrada en el alimento (Maynard *et al.*, 1984).

2.4 PROTEÍNA Y UREA EN EL ORGANISMO DEL GANADO BOVINO LECHERO

Gran parte de la proteína consumida por el ganado lechero es degradada en el rumen gracias a los microorganismos (proteína digestible en rumen, PDR), y una pequeña fracción de la proteína pasa intacta al intestino delgado (proteína de sobre paso o proteína de escape) (Cerón-Muñoz *et al.*, 2014).

Los carbohidratos fibrosos o estructurales provenientes de los forrajes aportan la cadena de carbonos utilizada por los microorganismos ruminales para la síntesis de proteínas y la producción de energía de largo plazo. En cambio, los carbohidratos no fibrosos, los disacáridos y el almidón son fácilmente digestibles y aportan la energía para desdoblar la proteína verdadera y el nitrógeno no proteico (NNP) suministrado en la dieta y así formar proteína bacteriana. Así como también durante la fermentación donan las cadenas carbonatadas para la síntesis de proteína microbiana (Cerón-Muñoz *et al.*, 2014).

La PDR libera amoníaco (NH_3), energía y cadenas de carbonos. Si existe energía el NH_3 es ingerido por los microorganismos del rumen (hongos, bacterias y protozoos) para sintetizar la proteína microbiana (Cerón-Muñoz *et al.*, 2014).

Sí se tienen las condiciones adecuadas en el rumen, las cuales se logran suministrando una dieta balanceada, un pH adecuado entre 6.2 y 6.8, que se recomienda para la síntesis de proteína, se logrará tener una buena fermentación (Cerón-Muñoz *et al.*, 2014).

La dieta es la que determina el pH y a su vez, éste influye en el destino del NH_3 . Si la dieta está bien balanceada y mezclada y existe un consumo adecuado, la fermentación provocará un pH de 6.5, lo que ayudará a la producción de leche con niveles adecuados de proteína, grasa y sólidos totales. En contraste, si la dieta tiene un alto contenido de carbohidratos no fibrosos y contenido normal o bajo de proteína, así como baja cantidad de carbohidratos fibrosos, principalmente FDN, se presentará acidosis, es decir un bajo pH lo que dificultará la absorción de NH_3 y quedará almacenado en el rumen en forma de amonio (NH_4^+) (Cerón-Muñoz *et al.*, 2014; Baset *et al.*, 2013).

En otro caso, si la dieta tiene exceso de proteína, concentraciones normales o bajas de carbohidratos no fibrosos y bajo contenido de carbohidratos fibrosos, se generará una elevación del pH, lo que permitirá una buena absorción de NH_4^+ . Los carbohidratos fibrosos son importantes en la regulación del pH, así como indispensables para la síntesis de proteína, ya que ayuda a la proliferación de los microorganismos ruminales. También son la clave para la disposición del NH_3 . El NH_4^+ absorbido es transportado al hígado a través del torrente sanguíneo para ser convertido en urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) (Cerón-Muñoz *et al.*, 2014).

Dicha urea puede tener diferentes destinos, puede ser en la sangre, conocida como nitrógeno ureico en sangre (NUS), la cual se recicla por absorción de las paredes ruminales o por la saliva, secretada en la leche (NUL) o eliminada en la orina (Sosa *et al.*, 2010) (Figura 1).

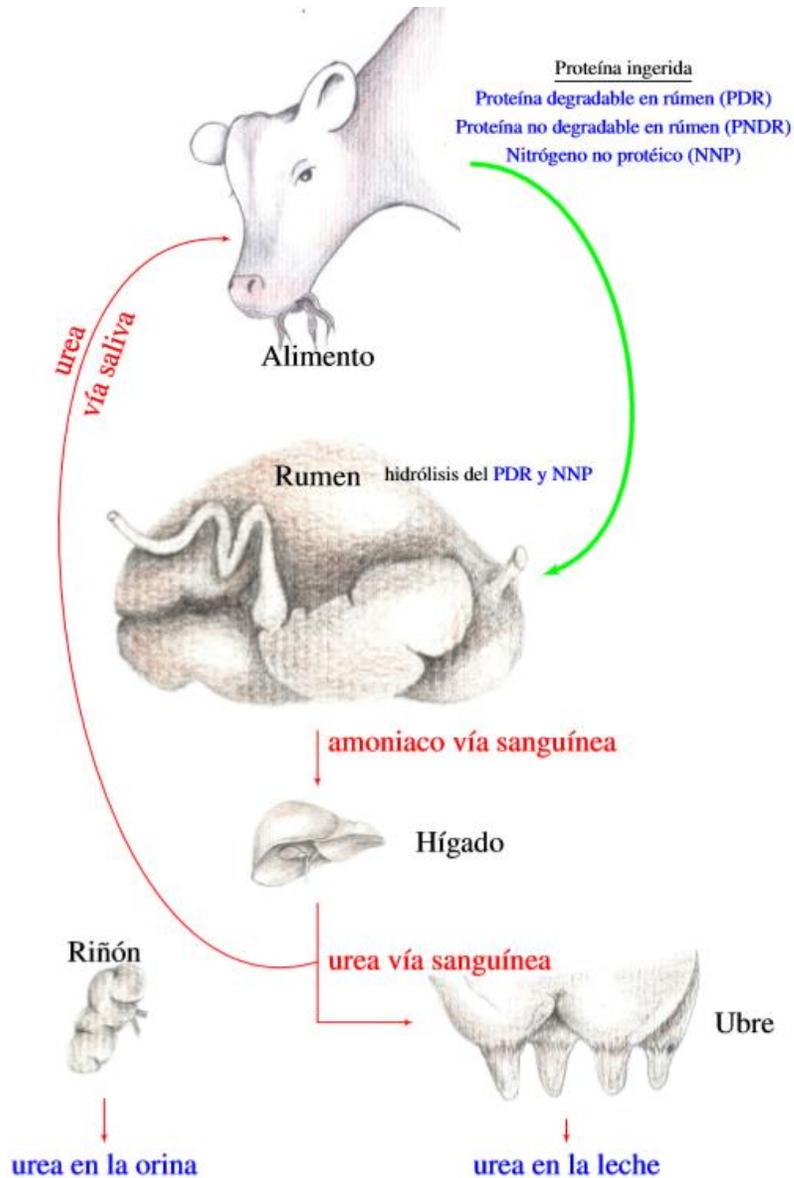


Figura 1 Metabolismo de la proteína (Cerón-Muñoz *et al.*, 2014)

Debido a que se requiere la circulación de grandes cantidades de sangre por la glándula mamaria para formar la leche, es que la urea puede eliminarse mediante la leche en forma de NUL. Como se mencionó anteriormente, cuando existe un exceso de proteína o un déficit de carbohidratos no fibrosos (almidones o azúcares) en la dieta, los microorganismos ruminales no pueden convertir el NH_3 en proteína microbiana, lo que produce altas concentraciones de urea en el torrente sanguíneo y consecuentemente, en leche (Sosa *et al.*, 2010).

2.5 RELACIÓN DEL NIVEL DE PRODUCCIÓN O PERIODO DE LACTACIÓN CON EL NIVEL DE UREA EN SANGRE Y LECHE

La concentración de NUL es directamente proporcional a la concentración de NUS. Por lo general, el NUL puede verse afectado por diversos factores como lo son el clima, la época del año, la raza del animal, la edad del animal, el nivel de producción o periodo de lactación, y principalmente por la alimentación. Es importante monitorear las concentraciones de NUL, ya que éste permite determinar el estado nutricional proteico del animal, así como detectar problemas con los aportes de la proteína en la dieta (Yamandú *et al.*, 2005).

Dependiendo de la etapa de lactación, las vacas requieren de una alimentación con un nivel adecuado de proteína y energía para optimizar su producción de leche y favorecer la actividad reproductiva. Si se tienen cantidades deficientes de proteína o energía se tendrán problemas en la producción y en la etapa de transición. En contraste, con un exceso de proteína en la dieta se generará un gasto energético en el animal, ya que deberá eliminar dicho exceso en forma de urea en orina, afectando así la producción y calidad de leche (Biswajit Roy *et al.*, 2011).

Siendo el nitrógeno uno de los principales ingredientes en la ración de las vacas lecheras y el de mayor costo; la concentración elevada de este en la dieta influye negativamente tanto en el desempeño productivo, como en la reproducción, ya que hace ineficientes los procesos digestivos, metabólicos y de síntesis de leche, así como provoca bajas tasas de concepción, repetición de calores, aumento en los días abiertos y en los servicios por concepción (Biswajit Roy *et al.*, 2011).

En un estudio realizado por Nourozi *et al.* (2010) mostraron que las tasas de concepción de vacas lecheras lactantes disminuyen alrededor de un 20% cuando las concentraciones de NUL exceden 19 mg/dL. Dichos autores mencionan que, sin considerar otros factores a nivel reproductivo, las tasas máximas de preñez se obtuvieron con vacas cuyos valores de NUL oscilaron entre 12 y 16 mg/dL.

En el estudio realizado por Grande *et al.* (2009) demostraron que las concentraciones de NUL entre 10 y 16 mg/dL se asociaron con menos días al primer servicio (80 días) y las concentraciones de NUL superiores a 20 mg/dL, con más de 128 días al primer servicio. Diversos estudios relacionados con la interpretación de las concentraciones de NUL muestran que los valores normales en vacas lecheras están entre 12 mg/dL y 15 mg/dL (Yamandú *et al.*, 2005).

Para Hutjens (2013) las concentraciones de NUL varían de acuerdo al manejo del sistema de producción y la ubicación geográfica del establo. También menciona que es importante tomar en cuenta, en la interpretación de los resultados, factores como la raza, la condición corporal, la edad del animal, el periodo de lactación, el nivel de producción de leche, su relación con los porcentajes de proteína de la leche, y la presencia de mastitis. Por este motivo, la mejor forma de interpretar los resultados es monitorear periódicamente el hato, detectando variaciones en el tiempo, acompañado de una continua observación del entorno. (Cuadro 1).

Cuadro 1 Análisis de NUL como indicador del balance energía- proteína en la dieta de vacas lecheras (Modificado de Yamandú *et al.*, 2005)

NUL (mg/ dL)	CLASIFICACIÓN	INTERPRETACIÓN
< 9	Deficiente	Insuficiente aporte de proteína degradable en relación con la disponibilidad de energía
9 – 12	Bueno	Buen uso de nitrógeno
12 – 15	Excelente	Nivel óptimo para la producción y reproducción
15 – 18	Bueno	Subutilización de nitrógeno
18 – 21	Excesivo	Puede afectar la reproducción
> 21	Excesivo	Afecta la reproducción

En las Figuras 2, 3 y 4 se representa la relación de las concentraciones de NUL con la proteína de la leche en vacas, teniendo en cuenta el periodo de

lactación, la interpretación del estado nutricional de los animales fue adaptada por Yamandú et al. (2005), quienes elaboraron tablas de interpretación de resultados con investigaciones realizadas en los laboratorios del DHIA (National Dairy Herd Information Association).

En la Figura 2 se indica la relación de los niveles de NUL con la proteína de la leche en vacas que tienen menos de 45 días de lactación. Si el NUL es menor que 12 mg/dL y la proteína de la leche es menor que 3.0%, la ración tiene deficiencia de proteína degradable en rumen; si está entre 3.0 y 3.2%, la dieta tiene baja proteína degradable en relación con la disponibilidad de energía en el rumen; y si es superior a 3.2%, la dieta tiene baja proteína degradable y exceso de energía, a pesar de tener un adecuado balance de aminoácidos. Si el NUL está entre 12 y 18 mg/dL y la proteína de la leche es superior a 2.8%, existe una alimentación adecuada, pero si es menor que 2.8% la dieta tiene deficiencia de energía. Si el NUL es superior a 18 mg/dL y la proteína de la leche es menor que 3.0%, la dieta tiene exceso de proteína soluble o degradable en relación con la disponibilidad de carbohidratos fermentables; si está entre 3.0 y 3.2% hay exceso de proteína y de energía en la dieta; y si es superior a 3.2%, hay un exceso de proteína pero baja disponibilidad de carbohidratos fermentables (Yamandú et al., 2005).

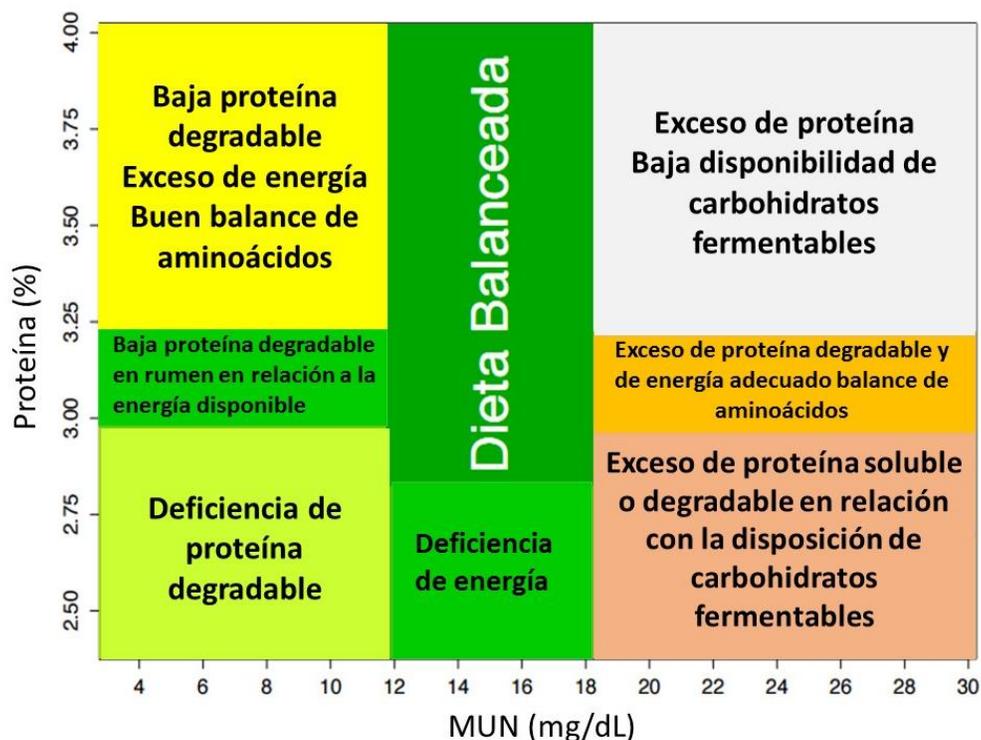


Figura 2 Evaluación de dietas utilizadas en vacas lecheras de menos de 45 días de lactación, mediante la relación del NUL y de la proteína de la leche (Modificado de Yamandú *et al.*, 2005)

En la Figura 3 se indica la relación de los niveles de NUL con la proteína de la leche en vacas que tienen entre 46 y 150 días de lactación. Si el NUL es menor que 12 mg/dL y la proteína de la leche es menor que 3.0%, la ración tiene deficiencia de proteína degradable; si está entre 3.0 y 3.2%, la dieta tiene baja proteína degradable; y si es superior a 3.2% la dieta tiene baja proteína degradable y exceso de energía. Si el NUL está entre 12 y 18 mg/dL y la proteína de la leche es superior a 2.8%, existe una alimentación adecuada, pero si es menor que 2.8% la dieta tiene deficiencia de energía. Si el NUL es superior a 18 mg/dL y la proteína de la leche es menor que 3.0%, la dieta tiene exceso de proteína soluble en relación con la disponibilidad de energía; si está entre 3.0 y 3.2% hay exceso de proteína y de energía en la dieta; y si es superior a 3.2% hay un exceso de proteína soluble en relación con la disponibilidad de carbohidratos fermentables (Yamandú *et al.*, 2005).

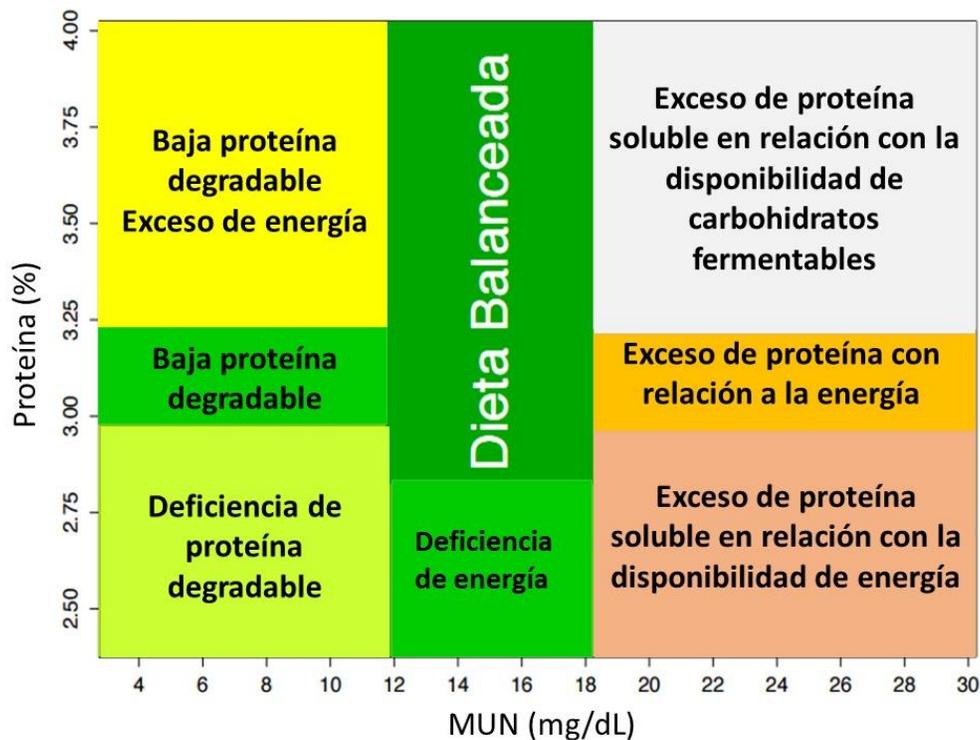


Figura 3 Evaluación de dietas utilizadas en vacas lecheras entre 46 y 150 días de lactación, mediante la relación del NUL y de la proteína de la leche (Modificado de Yamandú *et al.*, 2005)

En la Figura 4 se indica la relación de los niveles de NUL con la proteína de la leche en vacas que tienen más de 150 días de lactación. Si el NUL es menor que 12 mg/dL y la proteína de la leche es menor que 3.2%, la ración tiene deficiencia de proteína y energía; si está entre 3.2 y 3.4%, la dieta tiene baja proteína soluble y carbohidratos; y si es superior a 3.4% la dieta tiene exceso de proteína degradable y adecuado balance de aminoácidos. Si el NUL está entre 12 y 18 mg/dL y la proteína de la leche es superior a 2.8%, existe una alimentación adecuada, pero si es menor que 2.8% la dieta tiene deficiencia de energía. Si el NUL es superior a 18 mg/dL y la proteína de la leche es menor que 3.2%, la dieta tiene exceso de proteína soluble o degradable en relación con la disponibilidad de carbohidratos y desbalance de aminoácidos; si está entre 3.2 y 3.4% hay exceso de proteína degradable, adecuada energía y desbalance de aminoácidos; y si es superior a

3.4% hay un exceso de proteína degradable pero adecuado suministro de aminoácidos y de energía (Yamandú M. *et al.*, 2005).

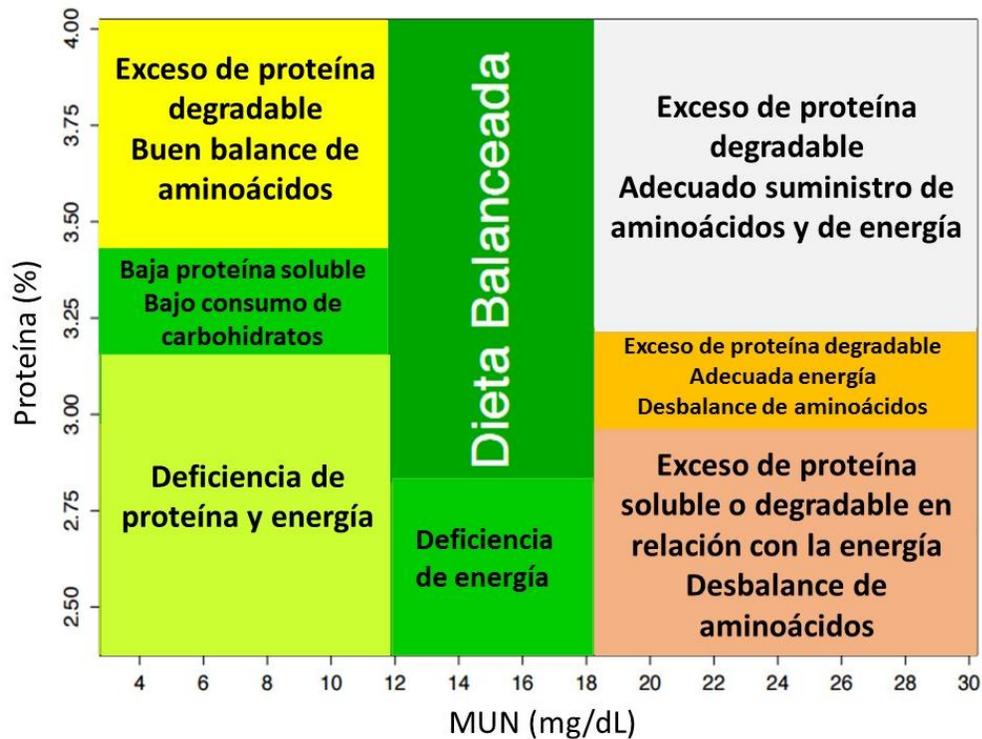


Figura 4 Evaluación de dietas utilizadas en vacas lecheras de más de 150 días de lactación, mediante la relación del NUL y de la proteína de la leche (Modificado de Yamandú *et al.*, 2005)

2.6 RELACIÓN DEL NÚMERO DE PARTO SOBRE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA LECHE

El número de parto o la edad del animal, tiene un efecto significativo sobre el porcentaje y la producción total de grasa, el porcentaje de proteína de la leche y la composición de dicha proteína, así como en la cantidad de producción (Schmidt, 1971). El porcentaje de proteína láctea disminuye en vacas mayores de 3 años, y se reporta una caída de 0.4% al alcanzar 5 lactaciones. Esta pérdida es principalmente de caseína; sin embargo, también se han notado cambios en la proteína de suero (Linn, 1988).

Es decir, la cantidad de leche producida, es directamente proporcional a la edad de las vacas; a mayor edad, mayor cantidad de leche. Parte de este aumento

se debe a un incremento en el peso corporal, lo cual genera un sistema digestivo más grande y una glándula mamaria más grande. La secreción de leche a mayor edad o mayor número de parto provoca una disminución gradual en la cantidad de la grasa de la leche y de los sólidos no grasos. Teniendo una disminución en el contenido de grasa aproximadamente del 0.2% de la primera a la quinta lactación, esperando que la producción total de grasa aumente conjuntamente con el aumento de la producción de leche. Mientras que para los sólidos no grasos es aproximadamente del 0.4% (Linn, 1988).

Gran parte de la disminución en el contenido de sólidos no grasos se debe a una disminución en el contenido de lactosa, mientras que el cambio en el contenido total de proteína es relativamente pequeño. La composición porcentual de la caseína disminuye, lo que debe dar como resultado un aumento compensatorio del contenido de proteína de suero. A mayor tamaño de la glándula mamaria, y mayor concentración de lactosa, la cantidad de leche producida es mayor, diluyendo los sólidos no grasos, por la presión osmótica que la lactosa genera incrementando la cantidad de agua en la glándula mamaria (Schmidt, 1971).

Por lo tanto es difícil determinar que los cambios en la composición de la leche se deben específicamente a la edad del animal, ya que los cambios pueden producirse por el deterioro del tejido de la ubre a través del uso normal, el sacrificio selectivo para una alta producción o la incidencia creciente de mastitis por la edad. Schmidt (1971) concluyó que ni el peso corporal, ni la edad de las vacas juegan un rol significativo en la cantidad de grasa de la leche, ni en la composición química de la misma.

2.7 INFLUENCIA DEL GANADO LECHERO EN EL CICLO DEL NITRÓGENO

El ciclo natural del carbono está caracterizado por grandes reservas fósiles terrestres y acuáticas, así como por una forma atmosférica que es fácilmente asimilada por las plantas. En cambio el ciclo del nitrógeno es muy diferente: el nitrógeno diatómico (N_2) presente en la atmósfera es la única reserva estable, la

cual es de grandes dimensiones ya que constituye el 78% de la composición de la atmósfera (Smil, 2002).

Aunque todos los organismos necesitan nitrógeno para su supervivencia y desarrollo, la mayor parte de esta reserva no está a su disposición en condiciones naturales, ya que el nitrógeno es eliminado de la atmósfera por microorganismos del suelo como las bacterias fijadoras de nitrógeno, que colonizan las raíces de las plantas. Estas bacterias lo transforman en formas diversas (el llamado nitrógeno reactivo (Nr), en esencia todos los compuestos nitrogenados diferentes del N₂) como el amoníaco (NH₃), que pueden ser usadas por las plantas. Este proceso se denomina “fijación de nitrógeno”. Mientras tanto, otros microbios eliminan el nitrógeno del suelo y lo devuelven a la atmósfera principalmente como N₂ mediante el proceso denominado “desnitrificación”, el cual produce el óxido nitroso, un gas de efecto invernadero (Steinfeld *et al.*, 2009).

2.7.1 Desperdicios de nitrógeno en la producción de ganado lechero

Según Steinfeld *et al.* (2009), la eficiencia del ganado para asimilar nitrógeno es aún más baja que la eficiencia de los cultivos. Hay dos diferencias fundamentales en el uso del nitrógeno en la producción animal y en la producción de cultivos:

- La eficiencia de la asimilación en su conjunto es mucho más baja en la producción animal.
- El desperdicio inducido por el uso de insumos no óptimos es generalmente más bajo en la producción animal.

El nitrógeno entra en el ganado a través de las dietas. Las dietas pueden contener entre 10 a 40 g de N/ Kg de materia seca. Un estudio realizado por Smil (2002) en Estados Unidos, calculó la eficiencia de la conversión de proteínas del ganado lechero y obtuvo un resultado de 40%, lo cual, considerando su población animal, representa una excreción cercana a 75 millones de toneladas de nitrógeno.

2.7.2 Elementos suministrados en la dieta que influyen en las emisiones de amoniaco

Por su naturaleza, los animales no digieren la totalidad de los nutrientes que se ingieren, sino que estos tienen una determinada digestibilidad. Lo que quiere decir que una proporción variable de los nutrientes ingeridos por ejemplo, nitrógeno, carbono, fósforo, energía; acaban en las excreciones de los animales y constituyen la fuente de los principales contaminantes ambientales como el NH_3 (Shimada, 2009).

La proteína suministrada en la dieta puede ser fermentada o escapar de la digestión ruminal, a esta proteína que pasa al intestino sin sufrir transformaciones en el rumen, se le denomina proteína de sobrepaso o escape. Si la proteína es fermentada en el rumen, puede ser transformada a aminoácidos o a amoniaco por acción de las enzimas microbianas. Así como también el nitrógeno no proteico puede ser desdoblado en amoniaco. De aquí que radique la importancia de mejorar la digestibilidad de la proteína para reducir el potencial contaminante desde el inicio (Shimada, 2009).

La proteína ingerida por la vaca lechera en parte es utilizada para el mantenimiento y crecimiento, y en parte es secretada en la leche, excretándose el resto en el estiércol en forma de nitrógeno orgánico. La concentración de nitrógeno orgánico en el estiércol del ganado lechero varía ligeramente de la concentración suministrada en la ración. Esto quiere decir que, una parte del nitrógeno se fija en la carne y la leche, y la otra se encuentra presente en la orina y el estiércol. Cuando la orina entra en contacto con el aire, parte del nitrógeno se desprende como NH_3 . En las granjas lecheras, el NH_3 se emite a partir de alojamientos de las vacas, de los depósitos de estiércol y cuando se aplica estiércol a la tierra, si las vacas se mantienen en hacinamientos, o de las deposiciones de orina si las vacas están en sistemas de pastoreo. El nitrógeno orgánico y el nitrógeno mineral no emitidos en forma de NH_3 los recibe el suelo cuando se utilizan en parte para cultivar. El nitrógeno remanente se pierde por desnitrificación y lixiviados, o bien, se incorpora al nitrógeno orgánico del suelo. Las pérdidas de nitrógeno en el estiércol, están

estrechamente relacionadas con el nivel de proteína ingerida con el alimento (Phillips, 1996).

Según Phillips (1996) para administrar la proteína necesaria en la dieta, hace falta un adecuado sistema de evaluación de dicha proteína. Con el fin de controlar las pérdidas de nitrógeno, en 1991 se introdujo en Holanda el sistema DVE (proteína digestible intestinal). El sistema DVE consta de dos partes: en la primera, se equilibran a nivel del intestino delgado la necesidad, el aporte de proteína y las necesidades de proteína para la producción lechera, las cuales dependen totalmente de la cantidad de proteína contenida en la leche (E), a continuación se describe la ecuación para evaluar la cantidad de proteína en leche utilizada:

$$\text{Leche DVE (g/día)} = 1.396 * E + 0.000195 * E^2 \text{ (g/día)}$$

Los estándares de necesidades de mantenimiento dependen del peso corporal (PC, en Kg) e incluyen el nitrógeno urinario endógeno, pero no las pérdidas endógenas las cuales se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Mantenimiento DVE (g/día)} = (2.75 * PC^{0.5} + 0.2 * PC^{0.6}) / 0.67$$

El aporte de DVE es la suma de la proteína no degradable en el rumen, pero digestible en el intestino, más la proteína digestible intestinal microbiana, menos la proteína necesaria para que se produzca la digestión, que se pierde por las heces y orina: la proteína metabólica fecal. La proteína no degradable en el rumen, pero que resulta digestible en el intestino, se calcula a partir de la tasa de proteína cruda de la dieta, la capacidad de degradación en el rumen de esta proteína cruda, y la digestibilidad intestinal de la proteína no degradable. La proteína digestible intestinal microbiana se calcula partiendo de la tasa de proteína degradable en el rumen presente en la dieta y de la energía disponible para formar proteína microbiana en el rumen a partir de esta proteína degradable en el rumen (Phillips, 1996).

La segunda parte del sistema DVE consiste en un balance de proteína degradable, que puede utilizarse para evitar pérdidas innecesarias de proteína en el rumen. Para la producción de proteína microbiana en el rumen, se necesita cierta

proporción de proteína degradable en el rumen y de energía. El exceso de proteína degradable en el rumen provoca pérdidas innecesarias de proteína, mientras que un exceso de energía puede originar problemas de digestibilidad a largo plazo. La cantidad de proteína microbiana que podría producirse en función de la proteína de la dieta degradable en el rumen menos la cantidad de proteína microbiana que podría producirse en función de la cantidad de energía metabolizable presente en la ración (EMR). Así, una cantidad de EMR positiva indica que se tiene exceso de proteína, y un EMR negativa, deficiencia de energía. La EMR de una ración puede obtenerse sumando los valores de los diversos ingredientes que contiene una dieta. Si la EMR de una ración está próximo a cero, la dieta será eficiente tanto en los aspectos nutritivos y ambientales (Phillips, 1996).

Existen diferentes factores que intervienen en las excreciones de nitrógeno, como lo son la especie, raza, genética, alimentación y tipo de unidad de producción, sin embargo, en promedio, entre el 40% y el 80% del nitrógeno que ingieren los animales termina en las excreta. Si el animal es capaz de aprovechar mejor el alimento se reduce el nitrógeno en la excreta y por lo tanto se reduce el NH_3 emitido en los establos, el manejo del estiércol y su aplicación en campo (Calvet, 2015).

2.8 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

Coma *et al.* (2004) mencionan que la problemática medioambiental de la producción ganadera en general se debe a que:

- La explotación ganadera se ha desligado de la explotación agrícola. Por tanto, en zonas de alta producción intensiva, existen numerosas explotaciones ganaderas sin una base territorial suficiente para reutilizar las heces generadas.
- El censo bovino ha aumentado notablemente durante los últimos años, mientras que la superficie agraria útil ha ido disminuyendo por distintos motivos como el crecimiento urbanístico y de infraestructuras o el abandono de tierras marginales.
- La dimensión media de las explotaciones ganaderas ha aumentado notablemente.

Las emisiones al medio ambiente generadas por un establo lechero se pueden originar en el propio establo, o bien, durante el almacenamiento, tratamiento o aplicación del estiércol. Estas emisiones pueden ser:

- Emisiones directas al suelo, aguas subterráneas y superficiales, básicamente en forma de estiércol.
- Emisiones al aire, en forma de gases, olores, polvo o ruido. Los compuestos emitidos pueden potencialmente contribuir a distintos fenómenos perjudiciales para el medio ambiente.

2.8.1 Emisiones de nitrógeno procedentes de estiércol almacenado

Durante el almacenamiento del estiércol, el nitrógeno excretado en las heces y en la orina, comienza la mineralización a $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$, suministrando el sustrato para los nitrificadores y los desnitrificadores, sintetizando N_2O . La mayor parte de estos compuestos nitrogenados excretados se mineralizan rápidamente. Generalmente, más del 70% del nitrógeno contenido en la orina se presenta en forma de urea (Steinfeld *et al.*, 2009).

La cantidad de N_2O liberado durante el almacenamiento y el tratamiento de los desechos animales depende del sistema y la duración del manejo de los mismos y de la temperatura. La degradación rápida de la urea y del ácido úrico en amoníaco produce pérdidas significativas de nitrógeno a través de la volatilización durante el manejo, el almacenamiento, el tratamiento y la temperatura ambiental bajo la que se tiene el estiércol, la mayor parte del $\text{NH}_3\text{-N}$ se volatiliza durante el almacenamiento, generalmente un tercio del nitrógeno inicialmente vaciado, y antes de la aplicación o la descarga (Calvet, 2015).

2.8.2 Descomposición de las heces.

El estiércol animal es una fuente de emisión de metano, óxido nitroso, amoniaco y dióxido de carbono, en función de su modalidad de producción: sólido o líquido y su manejo: recolección, almacenamiento y dispersión (Steinfeld *et al.*, 2009) (Figura 5).

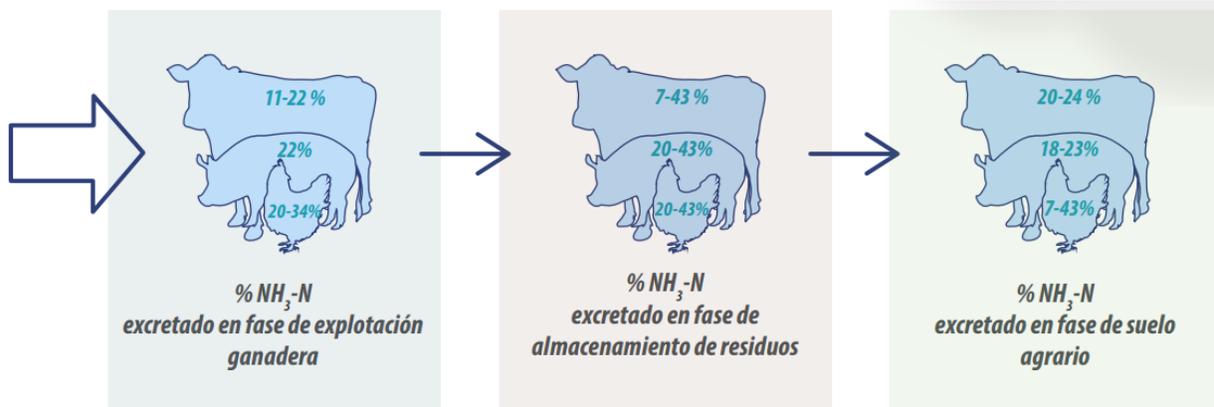


Figura 5 Medio de pérdidas de nitrógeno amoniacal en las diversas fases de la producción animal (EPA National Emissions Estimates).

Una parte sustancial del nitrógeno excretado se emite en forma de NH_3 como consecuencia de la volatilización del nitrógeno amoniacal que contiene, durante las fases de explotación ganadera, almacenamiento de residuos y suelo agrario (Calvet, 2015).

2.8.3 Daños ocasionados por las emisiones de nitrógeno

Las emisiones más importantes generadas por el estiércol son las relacionadas con el nitrógeno (N) y el fósforo (P), los cuáles contribuyen especialmente a los fenómenos de:

- Eutrofización o enriquecimiento excesivo de nutrientes en el agua. El aumento de la concentración de compuestos de N y P provoca un crecimiento acelerado de las algas o las plantas acuáticas superiores, causando trastornos negativos en el equilibrio de las poblaciones biológicas presentes en el medio acuático y en la propia calidad del agua.

- Acidificación de suelos y aguas. Por la reacción ácida de distintos compuestos al combinarse con el agua, se producen variaciones en el pH que afectan al ecosistema acuático y a la vegetación.

Además del efecto directo sobre el medioambiente, la contaminación ambiental por ciertos compuestos perjudica la salud de las personas y de los animales (Coma *et al.*, 2004).

Uno de los daños que se presenta con mayor frecuencia en los trabajadores de los establos son ocasionados por la acumulación de emisiones de NH_3 , quienes presentan los siguientes síntomas: irritación de ojos y vías respiratorias, especialmente en alojamientos poco ventilados, provocando también efectos negativos en el estado sanitario de la unidad de producción (Calvet, 2015).

Sin embargo, cuando el NH_3 es emitido a la atmósfera, es transportado en el aire a largas distancias ocasionando problemas a los ecosistemas naturales. Como media entre un 30% y 50% del nitrógeno excretado por los animales se emite a la atmósfera como NH_3 antes de su aplicación al campo (Calvet, 2015) (Figura 6).

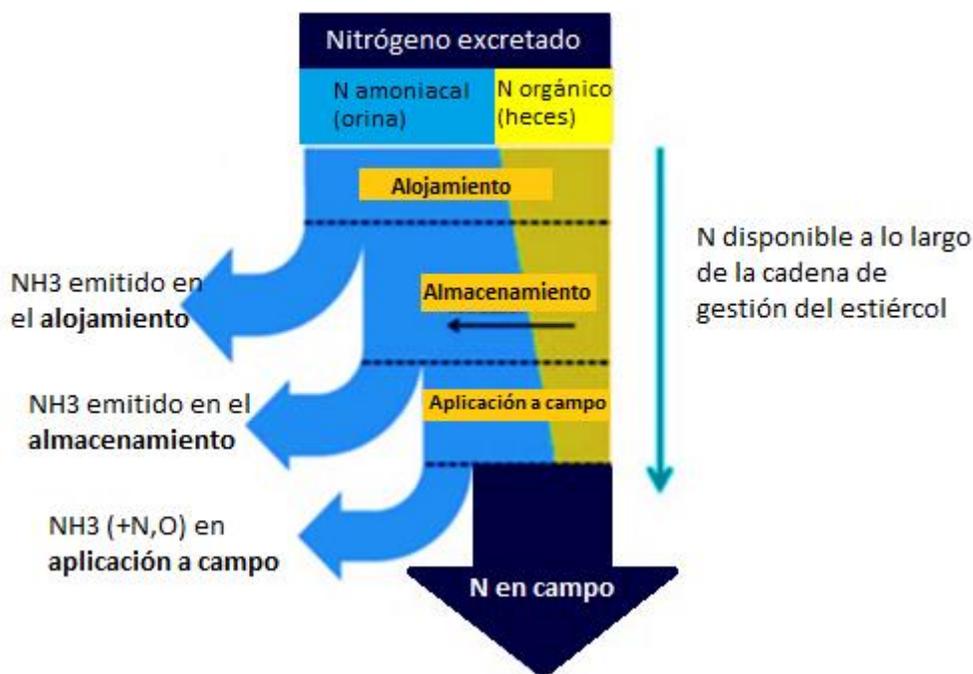


Figura 6: Pérdidas de nitrógeno asociadas a las emisiones de NH_3 a la atmósfera, en las distintas fases de la gestión del estiércol.

Los efectos sobre el ambiente por la producción ganadera intensiva se muestran en la Cuadro 2.

Cuadro 2 Aspectos ambientales afectados por los sistemas de producción animal. (Adaptado de Herrero y Gil, 2008)

Problema	Recurso afectado	Impacto	Grado de contribución	Escala de impacto
Nitratos (NO ₃ ⁻)	Agua (calidad)	Eutrofización y salud	Importante	Local (establo) Regional (Cuenca) Nacional/ Internacional (costas)
	Economía	Pérdidas a productores y costos de remoción	Importante	Local Regional
Nitritos (NO ₂ ⁻)	Agua (calidad)	Vida acuática y salud	Importante	Local Regional
Amoniaco (NH ₃)	Lluvia ácida	Acidificación de suelos	Importante	Local
	Toxicidad directa	Eutrofización	> 85%	Regional
Óxido nitroso (N ₂ O)	Gas Efecto Invernadero Interacción con ozono	Calentamiento global	Sustancial	Nacional Internacional Global
Óxido nítrico (NO)	Precursor del ozono Troposférico	Calentamiento global	Menor	Global

Las emisiones de NH₃ y N₂O contribuyen a los efectos conocidos como eutrofización que es el enriquecimiento excesivo en nutrientes y acidificación de los suelos. Cerca del 70% de las emisiones de NH₃ proceden de la actividad ganadera fundamentalmente de porcinos y bovinos (Calvet, 2015).

2.9 ESTRATEGIAS PARA REDUCIR EMISIONES DE NH₃

Las principales estrategias que de acuerdo con el protocolo de Kyoto, publicado por la ONU (1998), permiten reducir las emisiones de NH₃ aunque a diferentes costos que pueden ser asumidos o no por el sector son: nutrición animal, diseño de las granjas, gestión y sistemas de tratamiento del estiércol, sistemas de aplicación de estiércol en campo.

Calvet (2015) menciona que la estrategia más recomendada es el manejo de una adecuada nutrición animal, reduciendo el exceso de proteína en la dieta se consigue reducir el nitrógeno excretado en la orina, lo que implica una menor emisión de NH₃. Así como también modificar los niveles de fibras o grasas ayuda a reducir la excreción de nitrógeno.

Existen múltiples factores que condicionan la emisión por volatilización del amoníaco en un establo: porcentaje de proteína en la dieta, edad de la vaca, etapa productiva, densidad de animales por corral, tipo de cama, ventilación, condiciones climáticas (temperatura, humedad relativa, velocidad del aire), características del estiércol (temperatura, pH, materia seca), tipo de almacenamiento (superficie expuesta) y condiciones durante la aplicación (Coma *et al.*, 2004).

Actualmente se ha visto una gran oportunidad para el aprovechamiento de las excretas como una fuente de energía renovable, por su uso para la producción de biogás, que puede ser utilizado para generar energía eléctrica o térmica. Por lo que muchas unidades de producción han incorporado sistemas de biodigestión dentro de sus procesos productivos, en un principio con el fin de comercializar los Bonos de Carbono, por la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Se ha visualizado una diversidad de usos y aplicaciones de estos sistemas, tales como la reducción de contaminantes en las descargas de aguas residuales de las unidades pecuarias y la generación de energía eléctrica.

El sistema de biodigestión anaeróbico, consiste en un proceso centralizado de manejo de excretas, las cuales son enviadas a un biodigestor, con un sistema de agitación y remoción de lodos, una laguna secundaria, un sistema de

recolección, conducción y utilización del biogás para su quemado o para la generación de energía eléctrica y un quemador (UNAM, 2009) (Figura 7).

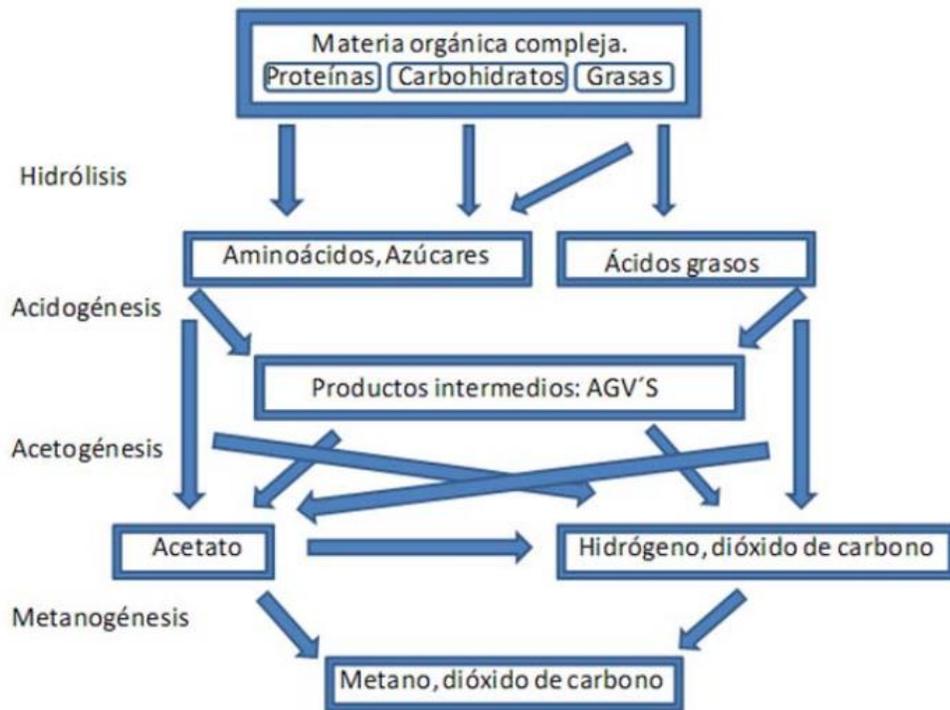


Figura 7: Proceso microbiano de transformación de materia orgánica (UNAM, 2009).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Evaluar la influencia del número de parto y el nivel de producción o el periodo de lactación sobre la producción y composición química de la leche, así como en la excreción de nitrógeno en leche y en heces de ganado Holstein.

3.2 Objetivos específicos

Evaluar el efecto del número de parto sobre la producción y composición química de la leche, la cantidad de nitrógeno secretado en leche y excretado, y el balance aparente de nitrógeno.

Evaluar el efecto del nivel de producción o periodo de lactación sobre la composición química de la leche, la cantidad de nitrógeno secretado en leche y excretado, y el balance aparente de nitrógeno.

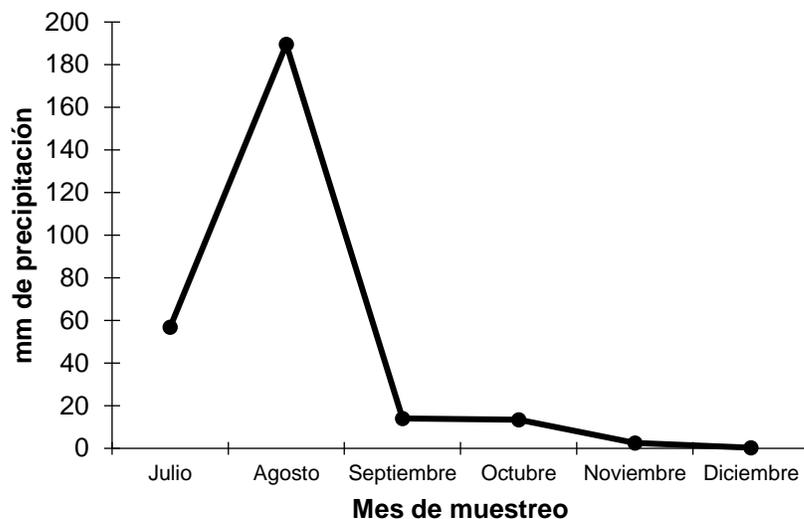
4 MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo experimental se llevó a cabo en el Campo Agropecuario Experimental “Gonzalo Río Arronte” del Tecnológico de Monterrey, ubicado en el municipio de Pedro Escobedo, en el estado de Querétaro, el cual cuenta con un promedio de 180 vacas en línea de la raza Holstein, teniendo como promedio de producción 35 litros diarios.

4.1 Animales:

Del total de las vacas, se seleccionaron 18 del hato por haber parido en el mes de julio y ser vacas de segundo, tercero y cuarto parto; con un peso promedio de 600 ± 50 Kg. Sin embargo, por problemas de mastitis, retículo pericarditis o claudicaciones, únicamente llegaron al final del experimento 13 vacas. Dichos animales no fueron manejados de manera aislada, por lo que fueron ingresados a los corrales habituales, ubicando a las vacas por corral de acuerdo al número de parto, quedando distribuidas como se muestra en el Cuadro 3.

A dichos animales se les dio un seguimiento durante seis meses (julio a diciembre de 2016, pudiendo evaluar su nivel de producción durante la lactación temprana (1 a 31 días) y la lactación media (90 a 179 días). Inicialmente se tenía planeado evaluar la lactación durante los seis meses consecutivos (julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre); sin embargo, durante los meses de agosto y septiembre, se presentaron diversos daños en las instalaciones del establo provocados por una precipitación pluvial alta, según datos de la estación meteorológica de la CEA (2016) ubicada en las instalaciones del CAETEC, los milímetros de lluvia acumulados de julio a septiembre fue de 260.4 mm, como se muestra en la Gráfica 1, por lo que se limitó el acceso de personal no autorizado a las instalaciones del establo, impidiendo el muestreo de leche.



Gráfica 1. Milímetros de precipitación de Julio a Diciembre de 2016 (Adaptada de CEA 2016).

La alimentación suministrada a las vacas consistió en una ración totalmente mezclada compuesta por los siguientes ingredientes: alimento concentrado (maíz rolado, cáscara cítrica y melaza como fuentes energéticas; pasta de soya, pasta de canola, semilla de algodón entera y rolada, gluten de maíz como fuentes proteicas); forrajes (ensilado de maíz, rastrojo de maíz y heno de avena); una premezcla (minerales, vitaminas, grasa de sobre paso, prebiótico, amortiguadores, ionóforo y secuestrante de micotoxinas), prebiótico (levadura) y agua. La mezcla tuvo pequeñas modificaciones durante los seis meses que duró el experimento, sobre todo en el tipo y/o cantidad de leguminosas y sus subproductos. Las cantidades suministradas, así como la duración de las mismas y los ingredientes que fueron modificados a lo largo del experimento se muestran resaltados en el Cuadro 4.

Cuadro 3 Características de los corrales y localización de vacas seleccionadas.

Número de corral	2	7
Número de parto	Segundo parto	Segundo parto
Dimensión del corral	53.7 m * 10.3 m	53.7 m * 10.3 m
Área sombreada	141.11 m ²	141.11 m ²
Área de asoleadero	412 m ²	412 m ²
Número de echaderos	12	12
Dimensión de cada echadero	1.2 m * 2.4 m	1.2 m * 2.4 m
Dimensión de comederos	1 m* 10.3 m	1 m* 10.3 m
Número de pasillos	2	2
Ancho del pasillo	4 m	4 m
Población total	19	19
<i>Número de vacas seleccionadas</i>	1	1
Número de corral	3	6
Número de parto	Segundo y tercer parto	Segundo y tercer parto
Dimensión del corral	53.7 m * 12.1 m	53.7 m * 12.1 m
Área sombreada	165.77 m ²	165.77 m ²
Área de asoleadero	484 m ²	484 m ²
Número de echaderos	20	20
Dimensión de cada echadero	1.2 m * 2.4 m	1.2 m * 2.4 m
Dimensión de comederos	1 m* 12.1 m	1 m* 12.1 m
Número de pasillos	2	2
Ancho del pasillo	4 m	4 m
Población total	25	25
<i>Número de vacas seleccionadas</i>	5	1
Número de corral	4	5
Número de parto	Tres partos o más	Tres partos o más
Dimensión del corral	53.7 m * 16.2 m	53.7m * 16.2 m
Área sombreada	221.94 m ²	221.94 m ²
Área de asoleadero	648 m ²	648 m ²
Número de echaderos	16	16
Dimensión de cada echadero	1.2 m * 2.4 m	1.2 m * 2.4 m
Dimensión de comederos	1 m* 16.2 m	1 m* 16.2 m
Número de pasillos	2	2
Ancho del pasillo	4 m	4 m
Población total	27	28
<i>Número de vacas seleccionadas</i>	2	3

Cuadro 4 Dietas ofrecidas a las vacas del 19 de mayo al 20 de diciembre de 2016
(Kg/ vaca/ día)

Ingrediente	Periodo		
	19-05/ 11-08 Cantidad (Kg)	12-08/ 26-09 Cantidad (Kg)	27-09/ 20-12 Cantidad (Kg)
Maíz rolado	4.500	4.500	4.500
Pasta de soya	3.150	3.850	3.150
Semilla de algodón entera	1.000	0.000	0.000
Semilla de algodón rolada	1.600	0.000	2.600
Canola	1.800	3.600	1.800
Melaza	1.200	1.200	1.200
Total de concentrado	13.25	13.25	13.25
Cáscara cítrica	2.370	2.370	2.370
Ensilado de maíz	25.00	25.00 (maíz picado)	25.00
Rastrojo de maíz	3.000	3.000	3.000
Avena heno	3.000	3.000	3.000
Total de forraje	33.4	33.4	33.4
Gluten de maíz	0.600	0.600	0.600
Lactomil (100 gr)	0.600	0.600	0.600
Levadura levucel	0.015	0.015	0.015
Milk Phos 16%	0.120	0.120	0.120
Bicarbonato de sodio	0.200	0.200	0.200
Óxido de magnesio	0.050	0.050	0.050
Carbonato de calcio	0.280	0.280	0.280
Sal común	0.150	0.150	0.150
Rumensin G	0.0015	0.0015	0.0015
Vitaminas A,D,E	0.010	0.010	0.010
Mexsil	0.200	0.200	0.200
Total de Premix Vitadmin	2.227	2.227	2.227
Agua	3.330	3.330	3.330

4.2 Obtención de muestras:

Considerando lo arriba mencionado, los muestreos de alimento, leche y heces se realizaron los siguientes meses: julio, octubre, noviembre y diciembre.

Alimento: Diariamente se registró la cantidad de alimento ofrecido por corral y se pesó el alimento rechazado, para así calcular el consumo diario de alimento (CDA) por corral, por la diferencia entre la cantidad de alimento ofrecida y la cantidad de alimento rechazada.

Semanalmente se tomaron muestras del alimento ofrecido y del alimento rechazado y se conservaron en congelación a -20°C para posteriormente ser analizadas en su composición química.

Leche: Mensualmente, se tomaron muestras de leche durante la segunda ordeña del día. La toma de dichas muestras, se llevó a cabo de manera automática en la sala de ordeña, utilizando medidores “Tru Test” los cuales se conectan a la línea de leche y basan su funcionamiento en la medición de flujo proporcional. La leche fluye dentro del medidor por el tubo de entrada, es esparcida y una pequeña porción de la leche es separada por la boquilla en el frasco de medición, la leche restante fluye por la salida del medidor hacia la línea de leche. En el frasco medidor se lee el nivel de la leche y se registró la identificación del animal y el rendimiento. La muestra obtenida debe ser representativa de toda la ordeña.

Los vasos muestreadores contenían el conservador “bronopol”, el cual es un agente antibacteriano que permite que la leche se conserve a temperatura ambiente sin descomponerse.

La toma de las muestras de la leche se llevó a cabo bajo las condiciones habituales de muestreo realizados por los técnicos de la Asociación Holstein de México. Las muestras se conservaron a temperatura ambiente por un día para inmediatamente después ser analizadas.

Se recopilaron los datos de producción de leche por vaca, reportándose el promedio en producción diaria por mes de muestreo.

Heces: Mensualmente se tomaron muestras individuales de heces, usando guante de palpación; y colectadas en bolsas herméticas, estos muestreos se efectuaron en los mismos días que se llevó a cabo el muestreo de leche.

4.3 Análisis químico:

La composición del alimento ofrecido y del rechazado, se evaluó a través de diferentes análisis: la materia seca (MS), se determinó de acuerdo al método oficial de la AOAC 930.15 (AOAC, 2012a); proteína cruda (PC), a través del método de Kjeldahl AOAC 991.20 (AOAC, 2012b); fracciones de fibra (FDN y FDA) (Robertson y Van Soest, 1981); extracto etéreo o grasa (EE) y cenizas (CEN), mediante la tecnología Near Infrared Spectroscopy (NIRS) (Pasquini, 2003), la cual gracias a la espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano la muestra se irradia produciendo una reflectancia específica para cada ingrediente de la muestra. Estos análisis fueron realizados en los laboratorios de calidad de Alpura.

A las muestras de leche se les analizó el contenido de grasa, proteína cruda (PC), N-ureico, lactosa y sólidos no grasos (SNG) utilizando la tecnología de Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) (TNC, 2001), dicha tecnología se basa en la medición completa del espectro infrarrojo en la muestra de leche. El espectro infrarrojo permite identificar las variables antes mencionadas. Estas mediciones fueron realizadas en los laboratorios de la Asociación Holstein de México.

Las muestras de heces se liofilizaron para evaluar su contenido de MS. En muestra fresca se llevó a cabo la cuantificación de nitrógeno (N) total mediante el método Kjeldahl AOAC 991.20 (AOAC, 2012a).

4.4 Balance de nitrógeno aparente

El balance de nitrógeno aparente se calculó a partir de los resultados de los análisis químicos realizados a las muestras del alimento, leche y heces.

Una vez obtenidos los resultados de la composición química del alimento tanto el ofrecido como el rechazado, se calculó la cantidad de N consumida/animal/día a partir de la siguiente ecuación:

$$N_{\text{consumido}} = N \text{ en alimento ofrecido} - N \text{ en alimento rechazado}$$

La cantidad de N secretado en la leche/ animal/ día se obtuvo a partir de la PC en leche mediante la siguiente ecuación:

$$N_{\text{leche}} = (\%PC / 6.25) * (\text{Kg de leche producidos} / \text{animal} / \text{día})$$

Mientras que la cantidad de N en excretas fue una determinación calculada, ya que no fue posible coleccionar en su totalidad las heces de cada uno de los animales, utilizando la fórmula establecida por ASAE (2005) en la que se calcula el total de N excretado tanto en heces como en orina mostrada a continuación:

$$N_{\text{excretas}} = (PL * 0.172) + (MSC * 2.207) + (GL * 171.830) + (PCL * 505.310) - 8.170$$

Siendo N_{excretas} la cantidad de N excretado más la cantidad de N excretado en orina, PL la producción de leche (Kg de leche/ animal/ día), MSC la materia seca consumida (Kg alimento seco/ animal/ día), GL la grasa en leche (g/ g de leche/ día) y PCL la proteína cruda en leche (g/ g de leche/ día).

Dicha ecuación fue seleccionada de varias propuestas de otros investigadores (ASAE, 2005), debido a que se contaba con los datos exactos para cada una de las variables, buscando obtener los resultados más reales posibles.

Teniendo las cantidades de N consumido, N secretado en leche y N excretado en heces se pudo llevar a cabo el balance aparente de N, ya que no se incluyó la excreción de N en orina, utilizando la siguiente ecuación (Ibarra *et al.*, 2006):

$$\text{Balance aparente N} = N_{\text{consumido}} - N_{\text{leche}} - N_{\text{excretas}}$$

4.5 Análisis estadístico:

El análisis estadístico de los resultados para cada una de las variables se realizó mediante un análisis de varianza de un diseño de medidas repetidas en el tiempo evaluando nivel de producción o periodo de lactación, y número de parto. Para las variables evaluadas, las diferencias estadísticas se aceptaron con un valor de $P < 0.05$ y las medias fueron comparadas mediante la prueba Tukey (Steel, y Torrie, 1980). Las variables para los experimentos se analizaron utilizando el paquete estadístico (SAS, 2008).

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Composición de las dietas

Durante el tiempo que duró el experimento, los ingredientes proteicos fueron modificados, por la falta de disponibilidad de éstos, principalmente la semilla de algodón, por lo que se sustituyó con pasta de soya y canola. La ración habitual estuvo compuesta de pasta de soya, semilla de algodón entera y rolada, y canola, 3.150, 1.000, 1.600 y 1.800 Kg respectivamente. Sin embargo, al escasearse la semilla de algodón se incrementaron los Kg de pasta de soya y canola quedando 3.650 Kg de pasta de soya y 2.600 Kg de canola, como se mostró anteriormente en el Cuadro 4

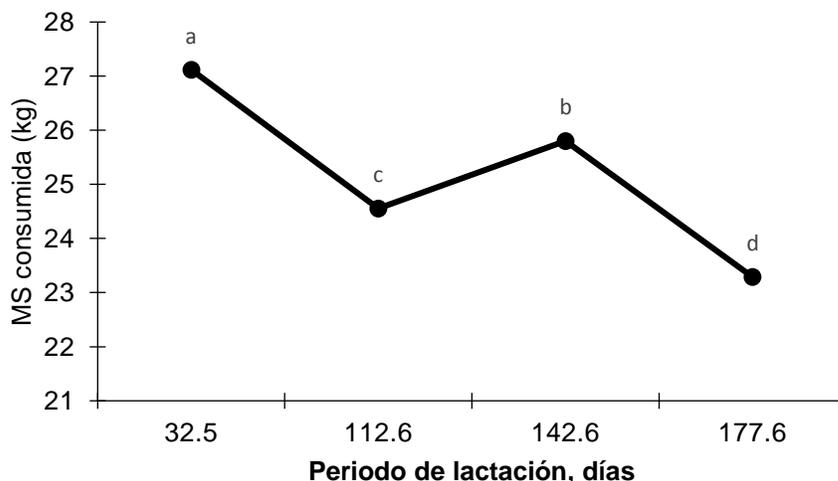
Aún cuando dichos ingredientes fueron modificados a lo largo del experimento, siempre se trató de mantener la misma composición química como se muestra en el Cuadro 5:

Cuadro 5: Composición química del alimento

Composición química	Cantidad 19-05/ 11-08	Cantidad 12-08/ 26-09	Cantidad 27-09/ 20-12
Materia seca (MS)	55.90%	52.70%	56.14%
Proteína cruda (PC)	17.29%	16.70%	16.52%
Extracto etéreo (EE)	6.03%	6.19%	6.52%
Fibra detergente ácida (FDA)	20.96%	20.75%	25.17%
Fibra detergente neutra (FDN)	31.12%	29.49%	34.21%
Cenizas (CEN)	8.86%	7.88%	9.72%
Energía neta para lactación (ENL)	1.68 Mcal	1.63 Mcal	1.7 Mcal

5.2 Consumo de alimento

La cantidad de materia seca consumida tuvo comportamientos con diferencias significativas ($P > 0.05$) a lo largo del nivel de producción o periodo de lactación como se muestra en la Gráfica 2, teniendo un mayor consumo en la lactación temprana.



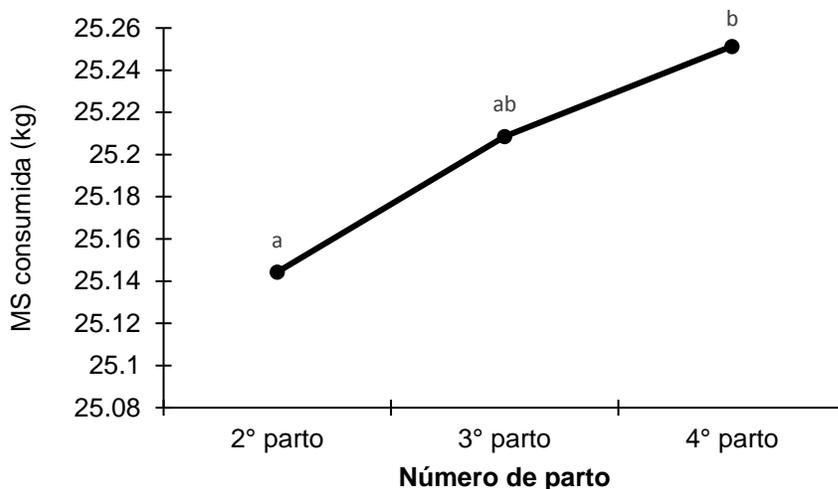
^{abcd} Medias con diferente literal son estadísticamente diferentes ($P > 0.05$)

Gráfica 2. Consumo de materia seca (MS, Kg) por periodo de lactación

Existen diferentes factores que influyen en el consumo de MS como lo son el peso de la vaca, rendimiento y composición de la leche, condición corporal y periodo de lactación, como los más importantes (Almeyda, 2017).

De acuerdo con el NRC (2001) una vaca incrementará su consumo durante la lactación temprana disminuyendo gradualmente conforme avanza su lactación. Teniendo un consumo alto promedio de 23 Kg/ vaca/ día hasta los 90 días de lactación y 18.5 Kg/ vaca/ día en los 120 días de lactación. Lo cual se asemeja a lo encontrado en el experimento en donde las vacas de lactación temprana, tienen un consumo alto a diferencia de las vacas de lactación subsecuente.

Por otro lado, la cantidad de materia seca consumida tuvo comportamientos con diferencia significativa ($P > 0.05$) entre los animales de segundo, tercero y cuarto parto como se muestra en la Gráfica 3.



^{ab} Medias con diferente literal son estadísticamente diferentes ($P > 0.05$)

Gráfica 3. Consumo de materia seca (MS, Kg) por número de parto

Una vaca debe consumir en promedio el 3% de su peso, y este consumo aumentará conforme aumenta la edad del animal. Los requerimientos nutricionales y la edad del animal están estrechamente relacionados, por lo que a mayor edad mayor será el consumo de alimento (Almeyda, 2017). Lo cual se asemeja a lo encontrado en este trabajo donde los animales superaron dicho consumo, teniendo un promedio del 4%, alcanzando un mayor consumo las vacas de 4º parto.

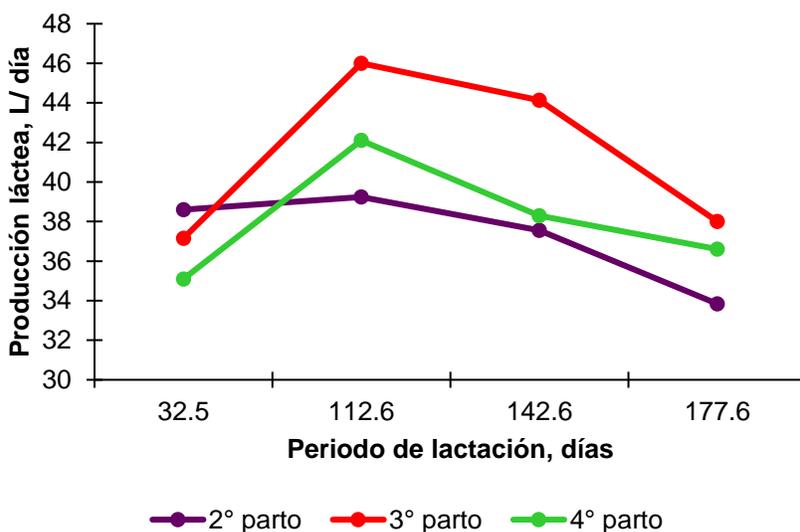
Una vaca asegura reservas, es decir incrementa su peso corporal, preparándose para su próxima lactancia, por lo que el consumo de alimento incrementa entre más partos tenga el animal (NRC, 2001).

5.3 Producción láctea

La producción láctea no mostró una diferencia significativa ($P > 0.05$) ni entre el número de parto, ni entre el periodo de lactación, presentando un promedio de producción de leche de 36.52 litros/ día como se muestra en la Gráfica 4.

Se estima que en el presente trabajo no se encontró diferencia significativa en la producción láctea por el reducido número de animales de la muestra, sin embargo, se presenta una tendencia a incrementar la producción láctea conforme aumenta la edad del animal. Linn (1988) encontró que la cantidad de leche

producida, es directamente proporcional a la edad de las vacas; a mayor edad, mayor cantidad de leche. Parte de este aumento se debe al incremento en el peso corporal, lo cual genera un sistema digestivo más grande y una glándula mamaria más amplia.



Gráfica 4. Producción láctea (L/día) por número de parto, con respecto al periodo de lactación.

Carvajal y Valencia (2002), después de evaluar la duración de la lactación y producción de leche de vacas Holstein en el estado de Yucatán, México, reportaron que el número de parto tuvo un efecto en la producción láctea hasta 305 días. Registrando la mayor producción en las vacas de mayor edad, tercero, cuarto y quinto parto. Otros autores mencionan que la mayor producción de leche se alcanza entre la tercera y la quinta lactación (Linn, 1988).

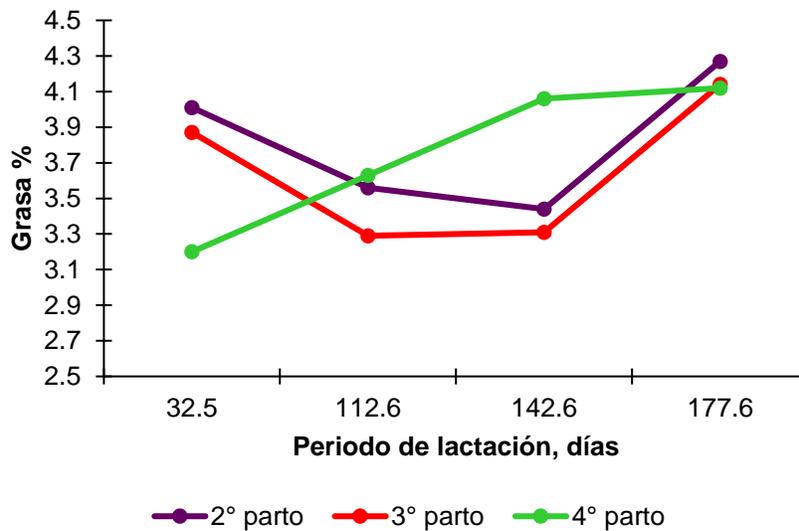
6.4 Composición de leche

El Diario Oficial de la Federación (DOF, 2002), así como Ganaderos Productores de Leche Cruda S.A.P.I. de C. V. (Alpura, 2015) establecen que las especificaciones físico-químicas para la leche cruda deben ser como se muestran en el Cuadro 6:

Cuadro 6: Especificaciones físico-químicas de la leche cruda

Especificaciones	Cantidad DOF	Cantidad Alpura
Grasa	3.0%	3.6%
Proteína Curda	3.0%	3.4%
Lactosa	4.3- 5.0%	5.1%
Sólidos No Grasos	8.2- 8.9%	9.1%

Grasa. Los resultados obtenidos para la leche en cuanto al porcentaje de grasa no mostraron diferencia significativa ($P>0.05$) por nivel de producción o por periodo de lactación, ni entre el número de parto, presentando una media general de 3.72% de grasa, superando los límites mínimos establecidos tanto por el DOF (2002) y Alpura (2015), 3.0% y 3.6% respectivamente. Los datos de la concentración de grasa (%) con respecto al periodo de lactación se pueden observar en la Gráfica 5.



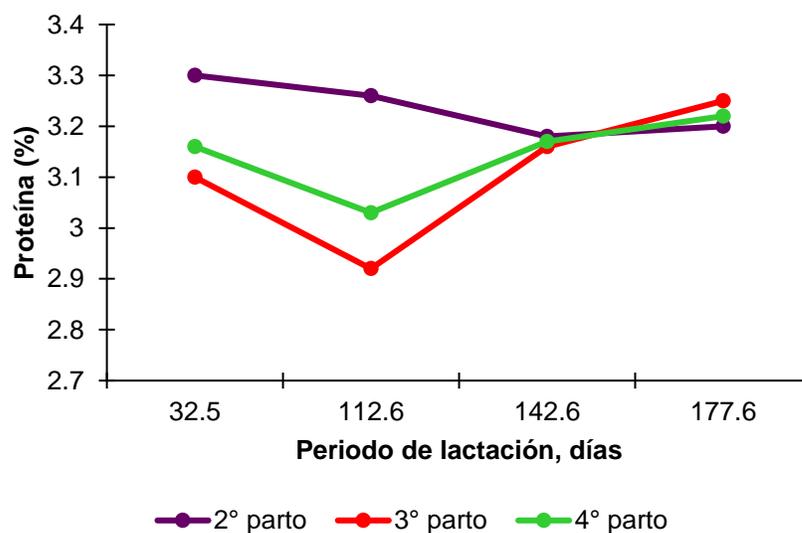
Gráfica 5. Contenido de grasa (%) en leche por número de parto, con respecto al periodo de lactación.

Aunque la diferencia no fue significativa para este estudio, en el parto 2 y 3 se observa una tendencia que a medida que aumenta el nivel de producción o periodo de lactación el contenido de grasa disminuye. Vázquez y González, (2006), observaron una variación significativa en el contenido de grasa en leche según el periodo de lactación del animal. Mencionando que la cantidad de grasa sigue un

comportamiento inverso al de la producción láctea, ya que la grasa disminuye del 4% al 3.4% entre los días 63 y 133 de lactación, aumentando después hasta el 4.4% en la lactación tardía, sin descartar que existen otros factores como la genética y la alimentación.

Hill (2015) también observó que el contenido de grasa tiende a aumentar durante la lactación a medida que disminuye la producción de leche.

Proteína. Los resultados obtenidos del contenido de PC (%) en la leche no mostraron diferencia significativa ($P>0.05$) ni entre el número de parto, ni entre los periodos de lactación, presentando una concentración promedio de 3.19%, superando los valores mínimos establecidos por el DOF (2002), 3.0%, sin embargo, no se alcanzan los límites establecidos por Alpura (2015), 3.4%. Los datos de la concentración de PC (%) según el número de parto, con respecto al periodo de lactación se pueden observar en la Gráfica 6. Schmidt (1971) menciona que el número de parto o edad del animal, tiene un efecto significativo sobre el porcentaje y la producción total de la grasa, el porcentaje de la proteína de la leche, la composición de dicha proteína y la cantidad de litros producidos.

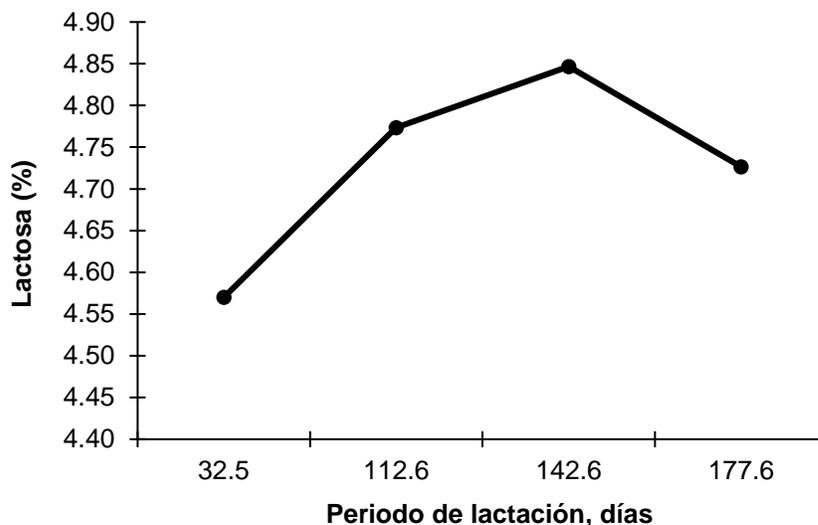


Gráfica 6. Contenido de proteína cruda (PC) (%) en leche por número de parto, con respecto al periodo de lactación.

Sin embargo, la curva de PC en leche, sigue un patrón similar que el de la grasa e inversa a la producción láctea, es decir, a medida que incrementa la producción láctea, la cantidad de proteína disminuye, a pesar de que en este estudio la cantidad de proteína no mostró diferencia significativa, Vázquez y González (2006), encontraron que el porcentaje de proteína medio, mostró un patrón de variación según el periodo de lactación, inverso a la curva de lactación y paralelo a la curva de producción de grasa. Observando que el porcentaje de proteína desciende bruscamente hasta el día 56 – 70 donde alcanzó un mínimo de 2.9% y después aumentó linealmente hasta la lactación tardía con 3.5%. Según Linn (1988), el porcentaje de proteína láctea disminuye en vacas mayores a 3 años, y se reporta una caída de 0.4% al alcanzar 5 lactaciones. Esta pérdida es principalmente de caseína; sin embargo, también se han notado cambios en la proteína de suero.

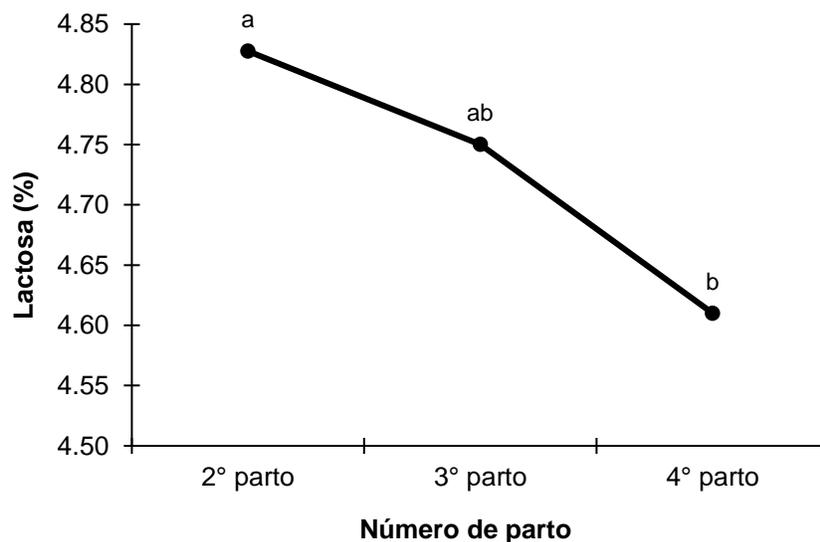
Durante este experimento se encontró una relación de proteína/ grasa de la siguiente manera durante el periodo de lactación de 32.5 a 112.6 días la relación proteína/ grasa fue de 0.87, mientras que de 142.6 a 177.6 días fue de 0.82, lo que permite observar que a mayor número de parto la cantidad de proteína se reduce. La proporción relativa de proteína a grasa (relación proteína/ grasa) es más alta en el pico de lactación (alrededor de 60 días de lactación) y más baja al final de la lactación. Así como también la distribución de proteínas cambia durante la lactación. En particular, la proporción de alfa-caseínas disminuye durante la lactación, mientras que la proporción de beta-caseína aumenta (Hill, 2015).

Lactosa. El contenido de lactosa (%) no mostró diferencias significativas ($P>0.05$) entre los periodos de lactación (Gráfica 7), teniendo un promedio de concentración de 4.68% %, siendo este un valor superior al establecido por el DOF (2002), 4.3%, pero menor a los límites mínimos establecidos por Alpura (2015), 5.1%; sin embargo, presentó una diferencia significativa ($P<0.05$) entre las vacas del segundo y las del cuarto parto, mostrando un descenso en su contenido con respecto al incremento en el número de partos (Gráfica 8).



Gráfica 7. Contenido de lactosa (%) en leche en relación al periodo de lactación.

Aunque no se mostró una diferencia significativa se estima que entre más avanzado sea el periodo de lactación menor será el contenido de lactosa, esto por su propiedad osmótica, entre mayor sea el tamaño de la glándula mamaria, mayor será el contenido de agua en la misma lo que provoca la disolución tanto de los sólidos no grasos como de la lactosa.



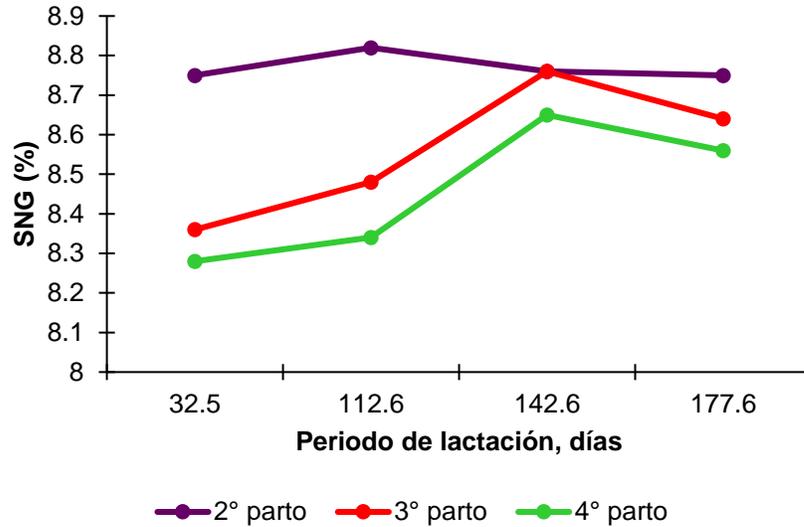
^{ab} Medias con diferente literal son estadísticamente diferentes ($P > 0.05$)

Gráfica 8. Contenido de lactosa (%) en leche en relación con el número de parto

Debido a que la secreción láctea está estrechamente ligada a la síntesis de la lactosa. La ubre retiene 900 gr de agua por cada 50 gr de lactosa sintetizada, La lactosa se sintetiza en el aparato de Golgi de las células del acinus de la glándula mamaria a partir de la glucosa de la sangre, de la cual una parte ha sido previamente transformada, en esta glándula, en galactosa. La glucosa sanguínea proviene de la glucosa absorbida por el intestino delgado, del ácido propiónico transformado en glucosa en el hígado, del glicerol de la hidrólisis de los triglicéridos, y de la desaminación de algunos aminoácidos. La síntesis depende de la presencia de una enzima, la lactosa sintetasa, que permite el paso de la galactosa más la glucosa a lactosa. Una vez formada, incrementa la presión osmótica en el interior del aparato de Golgi, que se contrarresta con la entrada de agua y de iones sodio, potasio y cloro, consiguiéndose de esta forma una concentración isotónica entre la leche y el plasma sanguíneo. El fluido obtenido en este proceso es expulsado al lumen de los alvéolos y de aquí con el resto de los componentes a la cisterna, donde se almacena hasta su eyección.(Schmidt, 1971).

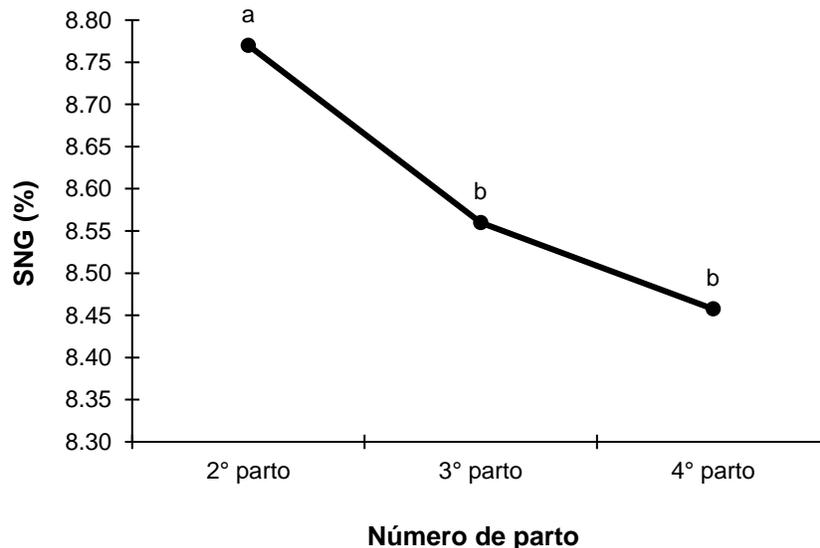
Durante este estudio se mostró una disminución de la lactosa en proporción al avance de la lactación, a mayor número de parto y días de lactación menor fue el contenido de lactosa.

Sólidos no grasos. El contenido de sólidos no grasos (SNG) (%) en leche no mostró diferencias significativas ($P>0.05$) entre los periodos de lactación, teniendo un promedio de concentración de 8.57%, siendo este un valor superior al establecido por el DOF (2002), 8.2%, pero menor a los límites mínimos establecidos por Alpura (2015), 9.1% (Gráfica 9); sin embargo, tuvo descenso significativo ($P<0.05$) entre las vacas de segundo parto y las subsecuentes (Gráfica 10).



Gráfica 9. Contenido de sólidos no grasos (SNG) (%) en leche por número de parto, con respecto al periodo de lactancia.

El contenido de sólidos no grasos es proporcional al contenido de lactosa. A mayor tamaño de la glándula mamaria y mayor contenido de lactosa, la cantidad de leche producida será mayor diluyendo así los sólidos no grasos incrementando la cantidad de agua en la glándula mamaria (Schmidt, 1971).

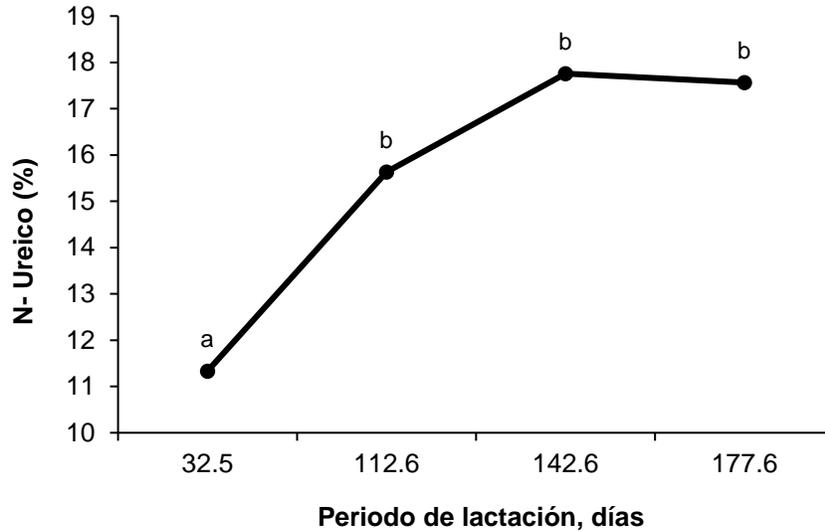


^{ab} Medias con diferente literal son estadísticamente diferentes ($P > 0.05$)

Gráfica 10. Contenido de sólidos no grasos (SNG) (%) en leche en relación con el número de parto.

La edad del animal permite que la glándula mamaria se expanda, por lo que a mayor edad, mayor tamaño y a su vez una mayor dilución tanto de lactosa como de sólidos no grasos. Provocando que la cantidad de sólidos no grasos y lactosa en la leche sean diferentes entre las vacas de diferentes número de parto. Siendo la lactosa la que determinará el nivel de producción láctea en cada vaca (Schmidt, 1971; Linn, 1988).

Nitrógeno ureico en leche. El contenido de N-ureico (%) en leche no mostró diferencias significativas ($P>0.05$) entre el número de parto, teniendo un promedio de 15.7%; sin embargo, presentó una diferencia significativa ($P<0.05$) entre el periodo de lactación, mostrando un ascenso entre la lactación temprana y las subsecuentes, observándose un valor de 11.33% para la lactación temprana, y un promedio de 16.98% para las subsecuentes (Gráfica 11). La concentración de NUL es directamente proporcional a la concentración de NUS, el NUL puede verse afectado por diversos factores como lo son el clima, la época del año, la raza del animal (que en este trabajo no fue el caso, ya que todas las vacas eran de la misma raza), la edad del animal (la cual fue diferente entre los animales identificada por el número de parto), el nivel de producción o periodo de lactación (evaluando la lactación temprana y la lactación media), y principalmente por la alimentación (para este trabajo por las condiciones del clima y la disponibilidad de los ingredientes se tuvo una variación en los ingredientes proteicos, se dejó de suministrar la semilla de algodón entera y se modificaron las proporciones lo que se estima tuvo influencia en el incremento del N- ureico con forme fue avanzando el periodo de lactación). El monitorear las concentraciones de NUL, permite determinar el estado nutricional proteico del animal, así como detectar problemas con los aportes de la proteína en la dieta (Yamandú *et al.*, 2005).



^{ab} Medias con diferente literal son estadísticamente diferentes ($P > 0.05$)

Gráfica 11. Contenido de N-ureico (%) en leche en relación al periodo de lactación.

Los niveles de NUL menores de 12 mg/dL con un 3 a 3.2% de proteína en leche en vacas que tienen menos de 45 días de lactación indican que la ración tiene baja proteína degradable en rumen en relación a la energía disponible (Yamandú *et al.*, 2005), lo que se puede inferir que la dieta suministrada en la lactación no es la adecuada para las vacas de lactación temprana, por la demanda que tienen para satisfacer sus requerimientos nutricionales. En este trabajo durante la lactación temprana se tuvo una dieta en la que se incluyeron 4 ingredientes proteicos, pasta de soya, semilla de algodón entera y rolada y canola, por lo que se estima que esta baja cantidad de proteína degradable en rumen se debe a la semilla de algodón rolada y entera la cual tiene un 55% y 89% de proteína degradable en rumen respectivamente (FEDNA, 2013).

Para las vacas de más de 46 días de lactación los niveles de NUL entre 12 y 18 mg/dL con una proteína superior a 2.8% indican una dieta balanceada (Yamandú *et al.*, 2005). En este trabajo la dieta de la lactación media sólo se incluyeron 3 ingredientes pasta de soya, semilla de algodón entera y canola los cuales tienen

una mayor cantidad de proteína digestible en rumen 72%, 89% y 93% respectivamente.

De acuerdo con MacGibbon y Taylor (2006) los parámetros que influyen tanto en el contenido de grasa, PC y N- ureico son la raza de la vaca, la dieta y la etapa de lactación. Para poder comparar la variación de dichos contenidos es importante que las vacas se encuentren en una etapa similar de lactación y alimentadas de igual forma, lo que se asemeja al experimento realizado, puesto que los 13 animales evaluados en este estudio, fueron de la misma raza y manejados de la misma manera, aunque en la alimentación se presentaron algunos cambios en los alimentos proteicos de la lactación temprana y la media.

Guo *et al.* (2004) encontraron que los principales factores que influyen en la presencia de N- ureico en leche son el nivel de producción de leche o periodo de lactación y el número de parto, los cuales están estrechamente relacionados, ya que a mayor número de parto, se tiene una mayor producción de leche. Sin embargo, durante este estudio no se encontró diferencia significativa, estimando que a mayor número de parto se encontrará dicha diferencia. Así como también en un estudio realizado en un establo canadiense con vacas Holstein se mostró que se tiene una asociación estadísticamente significativa entre el porcentaje de lactosa y el N- ureico según el número de parto (Miglior *et al.*, 2006).

Por lo contrario Vázquez y González (2006), encontraron que el periodo de lactación tiene una influencia muy baja en el nivel de urea comparado con los otros parámetros de la composición de la leche, como proteína y grasa, por lo que aseguran que la lactación no es el factor más determinante, a diferencia del nivel de producción, ya que a mayor cantidad de leche, mayor será la cantidad de urea. Así como también, mencionan que el contenido de N- ureico sigue una distribución similar a la curva de la lactación, mayor cantidad en el pico de la lactación (entre los 91 y 120 días), y una mayor cantidad de N- ureico en las vacas de segundo parto a diferencia de las de primero, tercero y subsecuentes. En este estudio se tuvo incremento de N- ureico en la lactación temprana (32.5 días), siguiendo una curva

paralela a la curva de producción de leche, permaneciendo constante en el periodo de lactación subsecuente.

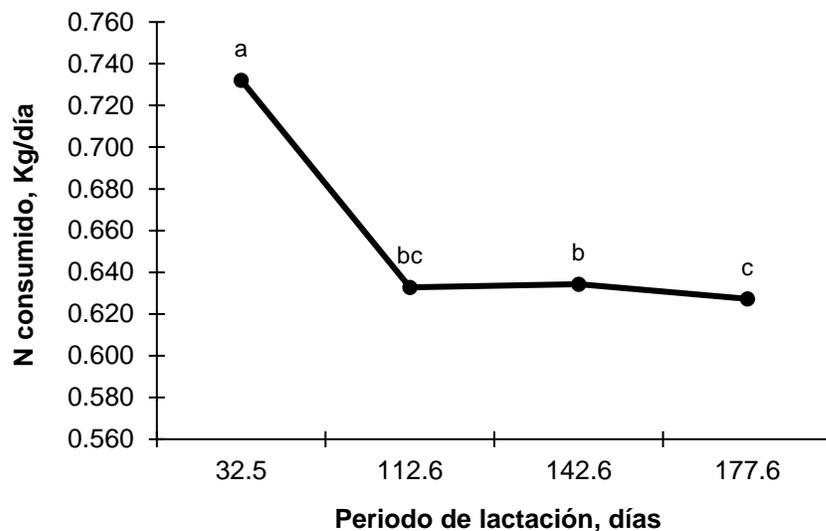
Otro factor que influye en la concentración de N- ureico en leche son las dietas, una dieta alta en proteína puede elevar la concentración de N- ureico en leche, dietas altas en energía frecuentemente disminuyen la concentración de N- ureico, la dieta es quien determina el pH, el cual influye en el destino del NH_3 , teniendo una dieta bien balanceada y mezclada se tendrá un consumo adecuado y provocará una fermentación con pH de 6.5 lo que ayudará a la producción de leche con niveles adecuados de proteína, grasa y sólidos totales (INIA, 2006: Cerón-Muñoz *et al.*, 2014).

Si la dieta está mal balanceada y se presenta acidosis por la elevada cantidad de carbohidratos no fibrosos, baja cantidad de proteína y carbohidratos fibrosos se dificulta la absorción del NH_3 y quedará en el rumen almacenado como amonio, pero si se tiene un exceso de proteína y baja cantidad de carbohidratos fibrosos y no fibrosos el pH será alto lo que facilitará la absorción del NH_4^+ , el cual será transportado al torrente sanguíneo y convertido en urea, lo que se destinará a las paredes ruminales o saliva, leche u orina (Cerón-Muñoz *et al.*, 2014).

Así como también el nivel de producción del animal es otro factor que afecta la concentración de N- ureico en leche, teniendo una menor concentración en la lactación temprana y la tardía a diferencia de la lactación media (INIA, 2006).

5.5 Balance de nitrógeno (consumo, secreción y excreción de N)

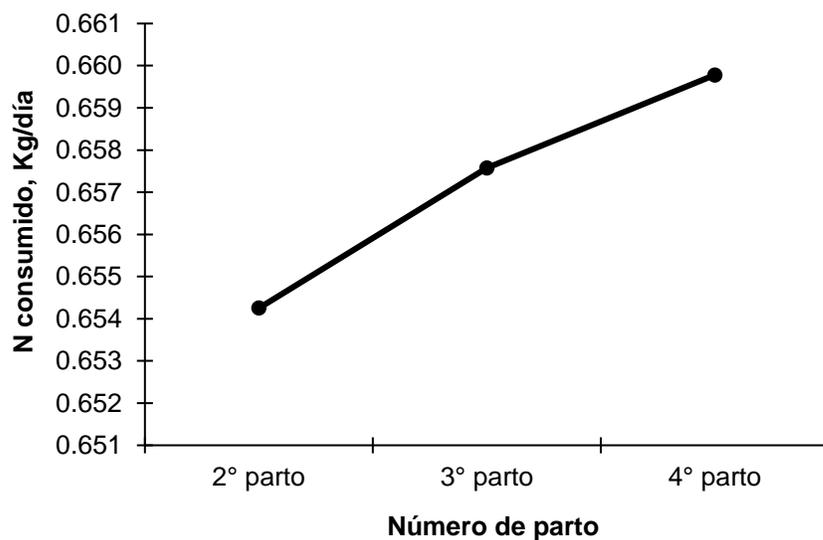
Nitrógeno consumido. El consumo de nitrógeno por los animales mostró un descenso significativo ($P > 0.05$) entre los periodos de lactación, teniéndose el mayor consumo durante la lactación temprana y una disminución en las lactaciones subsecuentes (Gráfica 12).



^{abc} Medias con diferente literal son estadísticamente diferentes ($P > 0.05$)

Gráfica 12. Cantidad de nitrógeno consumida (Kg/ día) con respecto al periodo de lactación.

Sin embargo, el consumo de nitrógeno no mostró diferencia significativa ($P > 0.05$) entre el número de parto, teniendo un consumo promedio de 0.657 Kg como se puede mostrar en la Gráfica 13.



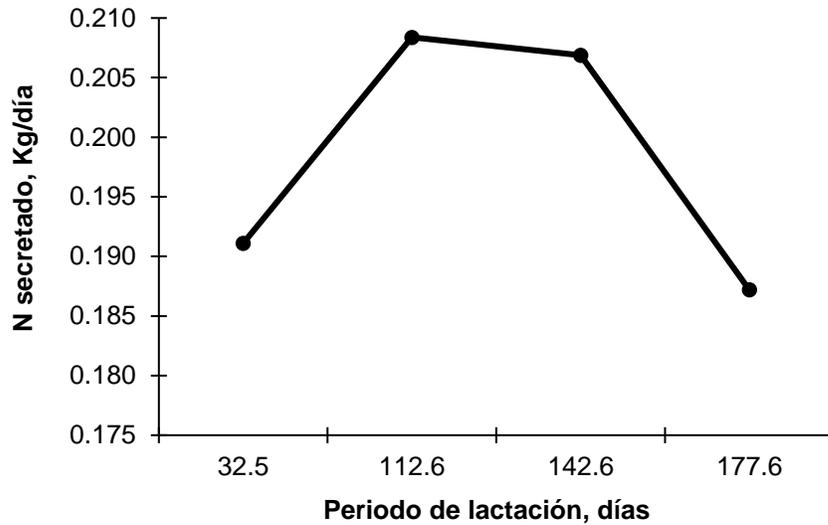
Gráfica 13. Cantidad de nitrógeno consumida (Kg/ día) con respecto al número de parto

Nitrógeno secretado en leche. La cantidad de nitrógeno secretado en la leche (Kg/ día) no mostró una diferencia significativa ($P>0.05$) entre el número de parto, así como tampoco entre los periodos de lactación, teniendo un promedio de 0.198 Kg de nitrógeno/día como se puede observar en la Gráfica 14.

Aun cuando en el experimento no se mostró diferencia se tiene una tendencia al aumento de la secreción de N en leche conforme aumenta la edad del animal, esto debido a que incrementa el tamaño de la glándula mamaria, lo que significa que se requiere la circulación de grandes cantidades de sangre por esta, y así es como la urea puede eliminarse mediante la leche en forma de NUL (Sosa *et al.*, 2010).

La cantidad de N secretado en leche disminuye en vacas mayores de 3 años, con una caída de 0.4 unidades por unidad en cinco lactaciones (Rogers y Stewart, 1982).

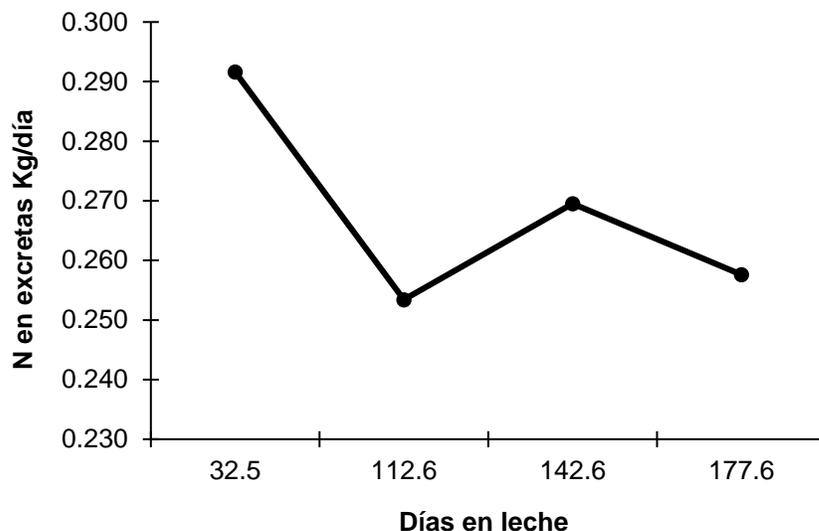
En el presente trabajo se encontró que el 30% del nitrógeno consumido se incorpora en el nitrógeno de la leche, dato también reportado por Elizondo (2009). Smile (2002) obtuvo una eficiencia de la conversión de proteínas del ganado de leche del 40%. Con estos datos se comprueba que el ganado de leche no es eficiente en la utilización del nitrógeno.



Gráfica 14. Cantidad de nitrógeno secretado en leche (Kg/ día) con respecto al periodo de lactación.

Nitrógeno en excretas. Por otra parte, la cantidad de nitrógeno excretada en heces, tampoco mostró una diferencia significativa ($P > 0.05$) por periodo de lactación, ni por número de parto teniendo un promedio de 0.268 Kg de nitrógeno excretado como se puede observar en la Gráfica 15.

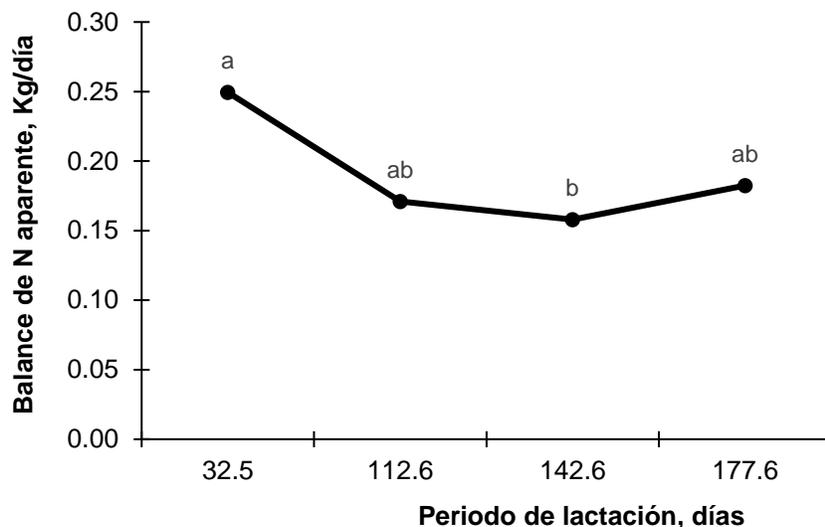
En el presente trabajo, el porcentaje de nitrógeno excretado en relación al consumido fue de 40%, lo que quiere decir que el 60% del N consumido fue aprovechado por el animal, tanto para satisfacer sus requerimientos como en la producción de leche. Calvet (2015) menciona que entre el 40 y el 80% de nitrógeno consumido por los animales termina formando parte de las deyecciones, lo que depende de la raza o genética y alimentación. Cuanto mayor sea la proporción de nitrógeno excretado, mayor será la emisión posterior de NH_3 y viceversa. Simplemente por el hecho de que el animal sea capaz de aprovechar mejor el alimento se reduce el nitrógeno que excreta, y por tanto se reducirá el NH_3 emitido en los alojamientos, la gestión del estiércol y su aplicación a campo.



Gráfica 15. Cantidad de nitrógeno excretado en heces (Kg/ día) con respecto al periodo de lactación.

Balance aparente de nitrógeno. Por último, el balance aparente de nitrógeno no mostró una diferencia significativa ($P > 0.05$) entre el número de parto, sin embargo, al comparar el periodo de lactación sí se presentó una diferencia significativa ($P > 0.05$) entre lactación temprana y lactación media teniendo un balance de 0.249 Kg de nitrógeno para la lactación temprana y 0.158 Kg para la lactación media (Gráfica 16).

Un animal se encuentra en balance de N, cuando la diferencia entre el N ingerido y el que parece en leche, heces y orina es igual a cero. Por otra parte, si el valor de N consumido es superior al excretado, el animal se encuentra en balance positivo y si es mayor el excretado al consumido se encuentra en balance negativo (Mora, 2007). Para este trabajo se tuvo un balance positivo lo que nos indica que la ración cuenta con la cantidad necesaria para satisfacer los requerimientos, y el animal está reteniendo N, por lo que se podría reducir la cantidad de proteína suministrada en la dieta con el fin de reducir la cantidad de N liberado al ambiente. Elizondo (2009) hace mención que entre el 70 y 80% del N consumido es excretado, sin embargo, en este trabajo sólo se excretó el 40% lo que significa que se tuvo un buen aprovechamiento del nitrógeno suministrado.



^{ab} Medias con diferente literal son estadísticamente diferentes ($P > 0.05$)

Gráfica 16. Balance aparente de nitrógeno (Kg/ día) con respecto al periodo de lactación.

Conocer el balance aparente de nitrógeno de una unidad de producción tiene un gran valor para determinar el impacto ambiental de este elemento, El deterioro ambiental es un factor de gran importancia para estimar el valor de la actividad pecuaria que no sólo tiene en cuenta sus efectos socio- económicos sino también su influencia sobre el medio ambiente. Por lo que la cantidad de N secretado y excretado debe tener en cuenta tres factores, el productivo, evaluando la eficiencia y mejorando la utilización de los nutrientes. El reproductivo, un exceso de N en la ración incrementa el contenido de N en sangre afectando así la fertilidad del animal, y el ambiental, una excesiva excreción de N pone en riesgo el medio ambiente, aumentando el nivel de este elemento en el agua subterránea y contribuir en la (Vázquez y González, 2006).

6 CONCLUSIONES

El número de parto no influye en componentes como el contenido de grasa, proteína cruda, nitrógeno ureico en leche, ni en la producción láctea, pero si influye en leche en el contenido de lactosa y sólidos no grasos en leche.

El nivel de producción o periodo de lactación tiene influencia en la concentración de N- ureico en leche y en la producción láctea.

El balance aparente de nitrógeno está influenciado por el periodo de lactación siendo mayor en la lactación temprana que en la lactación media.

Recomendaciones:

Un indicador útil para diagnosticar el correcto manejo de la alimentación del ganado lechero es conocer el nivel de N en leche, así como también un parámetro útil para corregir el desequilibrio de la ración.

Para lograr reducir dicha cantidad de N es necesario tener una formulación más precisa de las raciones. Con base en todo lo anterior, existe la necesidad de desarrollar e implementar estrategias para mejorar el balance del nitrógeno en las unidades de producción y mantener la productividad animal mientras se minimiza el efecto del nitrógeno del estiércol sobre la calidad del agua y el aire.

Llevar a cabo investigaciones que permitan cuantificar el flujo del nitrógeno en las unidades de producción, permitirá prevenir o detener el deterioro ambiental.

Para fines prácticos del experimento se recomienda manejar a los animales seleccionados de manera aislada y tener el peso de cada uno de ellos, suministrar y medir el consumo individual, así como recolectar el total de las heces o emplear un marcador y coleccionar el total de la orina.

7 LITERATURA CITADA

- Almeyda, (2017). *Manejo y alimentación de vacas productoras de leche en sistemas intensivos*. Perú: UNALM. Recuperado a partir de <http://www.actualidadganadera.com/articulos/manejo-alimentacion-de-vacas-productoras-de-leche-sistema-intensivos-parte-dos.html>
- Alpura. (2015). alpura | Calidad alpura, Confianza Pura. Recuperado a partir de <http://alpura.com/corporativo/grupo-alpura.php>
- AOAC. (2012a). *Official Methods of Analysis of AOAC International* (19th ed., Vol. I). USA.
- AOAC. (2012b). *Official Methods of Analysis of AOAC international* (19a ed., Vol. II). USA.
- ASAE. (2005). Manure production and characteristics. Recuperado a partir de <http://www.agronext.iastate.edu/immag/pubs/manure-prod-char-d384-2.pdf>
- Baset, Huque, Sarker, Hossain, & Islam, (2013). Evaluation of milk urea nitrogen of dairy cows reared under different feed bases in the different seasons. *Journal of Science Foundation*, 8. <https://doi.org/10.3329/jsf.v8i1-2.14632>
- Bath, Dickinson, Tucker, & Appleman, (1982). *Ganado lechero: principios, prácticas, problemas y beneficios*. Holstein México: Interamericana.
- Biswajit, Brahma, Ghosh, Pankaj, & Mandal, (2011). Evaluation of milk urea concentration as useful indicator for dairy herd management: *Journal of Science Foundation*, 1–19. <https://doi.org/10.3923/ajava.2011.1.19>
- Calvet, (2015). Contaminación atmosférica. Mitigación y adaptación a través de la nutrición animal. Recuperado a partir de

<http://nutricionanimal.info/contaminacion-atmosferica-mitigacion-y-adaptacion-a-traves-de-la-nutricion-animal/>

Carvajal, & Valencia. (2002). Duración de la lactancia y producción de leche de vacas Holstein en el Estado de Yucatán México. Recuperado a partir de <http://www.revbiomed.uady.mx/pdf/rb021314.pdf>

CEA. (2016). CEA-TECMTY Weather | Personal Weather Station: IQUERETA23 by Wunderground.com | Weather Underground. Recuperado a partir de <https://www.wunderground.com/personal-weather-station/dashboard?ID=IQUERETA23#history/s20161001/e20161230/mcustom>

Cerón-Muñoz, Henao, Múnera-Bedoya, Herrera, Díaz, Parra, & Tamayo, (2014). Concentración de nitrógeno ureico en leche. Interpretación y aplicación práctica. Biogénesis. Recuperado a partir de <http://editorialbiogenesis.udea.edu.co/index.php/biogenesis/article/viewFile/284/289>

Church, (1998). *El rumiante: fisiología digestiva y nutrición* (primera). Zaragoza, España: Acribia S.A de C.V.

Coma, Bonet, & Companys, (2004). Producción ganadera y contaminación ambiental. Grupo Vall Companys. Recuperado a partir de http://www.produccionbovina.com.ar/sustentabilidad/46-ganaderia_y_contaminacion.pdf

Davidson (2009). The contribution of manure and fertilizer nitrogen to atmospheric nitrous oxide since 1860. *Nature Geoscience*, 2(9), 659–662. <https://doi.org/10.1038/ngeo608>

- Díaz, (2016). Proteínas protegidas en dietas de ganado lechero. *Órgano oficial de Holstein de México, A.C.*, 47(9).
- DOF. (2002). Proyecto de Norma Oficial Mexicana, leches, formula láctea y producto lácteo combinado-denominación, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba. Recuperado a partir de <http://legismex.mty.itesm.mx/NORMAS/SCFI/SCFI155P-02.PDF>
- Elizondo, J. (2009). Metabolismo del nitrógeno en el ganado de leche: Mejorando la eficiencia productiva y reduciendo la contaminación ambiental. Recuperado a partir de http://eeavm.ucr.ac.cr/Documentos/ARTICULOS_PUBLICADOS/2009/133.pdf
- FEDNA. (2013). Semilla de algodón. Recuperado a partir de http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/semilla-de-algod%C3%B3n
- Fowler, Coyle, Skiba, Sutton, Cape, Reis, & Voss, (2013). The global nitrogen cycle in the twenty-first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 368(1621), 20130164. <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0164>
- Grande, Santos, Ribeiro, Damasceno, Alcalde, Barbosa, Seiji dos Santos, (2009). Monitoring the nutritional and reproductive state of dairy cows through the presence of urea in milk. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 52(SPE), 249–258. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132009000700032>

- Guo, Russek-Cohen, Varner, & Kohn, (2004). Effects of milk urea nitrogen and other factors on probability of conception of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 87(6), 1878–1885.
- Herrero, & Gil, (2008). Consideraciones ambientales de la intensificación en producción animal. *Ecología austral*, 18(3), 273–289.
- Hill (2015). Cheese Making Technology eBook | Food Science. Recuperado a partir de <https://www.uoguelph.ca/foodscience/book-page/cheese-making-technology-ebook>
- Hutjens, (2013). MUN as a Management Tool - Dairy Cattle. Recuperado a partir de <http://livestocktrail.illinois.edu/dairynet/paperDisplay.cfm?ContentID=233>
- Ibarra, Latrille, & Wittwer, (2006). Incremento en la proteína no degradable en rumen de vacas lecheras: 2. Efectos sobre utilización y excreción del nitrógeno. *Archivos de medicina veterinaria*, 38(3), 219–225. <https://doi.org/10.4067/S0301-732X2006000300004>
- INIA. (2006). Determinación de urea en leche. Recuperado a partir de <http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/le/ad/2002/mun.pdf>
- IPCC. (2006). IPCC - Task Force on National Greenhouse Gas Inventories. Recuperado a partir de <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>
- Lesur, (2005). *Manual del Ganado Bovino Para Leche* (primera). México: Trillas.
- Linn. (1988). *Factors Affecting the Composition of Milk from Dairy Cows*. National Academies Press (US). Recuperado a partir de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK218193/>
- MacGibbon, & Taylor, (2006). *Advanced Dairy Chemistry Lipids* (third edition). Springer US.

- Maynard, Loosli, Hintz, & Warner (1984). *Nutrición animal* (Cuarta). México: McGRAW-HILL.
- McCubbin, Apelberg, Roe, & Divita, (2002). Livestock ammonia management and particulate-related health benefits. *Environmental Science & Technology*, 36(6), 1141–1146. <https://doi.org/10.1021/es010705g>
- Miglior, Sewalem, Jamrozik, Lefebvre, & Moore, (2006). Analysis of milk urea nitrogen and lactose and their effect on longevity in Canadian dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 89(12), 4886–4894. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72537-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72537-1)
- Mora, (2007). *Nutrición Animal*. San José, Costa Rica: EUNED.
- Nourozi, Heravi, Abazari, & Raiisian, (2010). Milk Urea Nitrogen and Fertility in Dairy Farms. <https://doi.org/1519-1525>
- NRC, (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle* (seventh). Washington, D.C.
- ONU. (1998). Protocolo de Kyoto. Recuperado a partir de <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>
- Pasquini, (2003). Near Infrared Spectroscopy: fundamentals, practical aspects and analytical applications. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 14(2), 198–219. <https://doi.org/10.1590/S0103-50532003000200006>
- Phillips, (1996). *Avances de la ciencia de la producción lechera*. Zaragoza, España: Acribia S.A de C.V.
- Ravindran, (2010). Aditivos en la alimentación animal: presente y futuro. Nueva Zelanda: Massey University: FEDNA. Recuperado de http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_promotores_crecimiento/44-10CAP_I.pdf

- Robertson & Van Soest (1981). *The detergent system of analysis and its application to human foods. En: The analysis of dietary fiber in food.* (W. T. James O. Theander). New York: Markel Dekker, In.
- Rogers, & Stewart. (1982). The effects of some nutritional and non- nutritional factors on milk protein concentration and yield. San Francisco, EUA: Cornell University.
- SAS. (2008). *Statistical Analysis System, User's guide* [SAS/ ETS 9.2]. USA.
- Schmidt. (1971). *Biology of lactation.* San Francisco, EUA: Cornell University.
- SE. (2012). Análisis del sector lácteo en México. Recuperado a partir de http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/analisis_sector_lacteo.pdf
- SEDEA. (2016). Producción pecuaria 2016. Recuperado a partir de <http://sedea.queretaro.gob.mx/sites/sedea.queretaro.gob.mx/files/estadisticas/pecuario/PECUARIO2016.pdf>
- SEMARNAT. (2013). Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero. Recuperado a partir de http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/inf_inegei_public_2010.pdf
- Shimada, A. (2009). *Nutrición animal* (2a ed.). México: Trillas.
- SIAP. (2015). Población Ganadera. Recuperado a partir de <http://www.siap.gob.mx/opt/poblagand/bovlech.pdf>
- SIAP. (2016). Panorama de la leche en México. Recuperado el 16 de octubre de 2017, a partir de http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boletlech/Brochure%20leche_Diciembre2016.pdf

- Smil, (2002). Nitrogen and food production: Proteins for human diets. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 31(2), 126–131.
<https://doi.org/10.1579/0044-7447-31.2.126>
- Sosa, Leyton, Corea, & Salazar, (2010). Correlation between milk and blood urea nitrogen in high and low yielding dairy cows. En *ResearchGate*. Recuperado a partir de https://www.researchgate.net/publication/270508916_Correlation_Between_Milk_and_Blood_Urea_Nitrogen_in_High_and_Low_Yielding_Dairy_Cows
- Steel & Torrie (1980). *Principles and Procedures of Statistics* (Second Edition). New York: McGraw-Hill.
- Steinfeld, Gerber, Wassenaar, Castel, Rosales, & Haan, (2009). La larga sombra del ganado: Problemas ambientales y opciones. Rome: FAO. Recuperado a partir de http://publications.cirad.fr/une_notice.php?dk=553605
- TNC. (2001). Introduction to Fourier Transform Infrared Spectrometry. Thermo Nico Corporation. Recuperado a partir de http://www.niu.edu/analyticallab/_pdf/ftir/FTIRintro.pdf
- UNAM. (2009). Diagnóstico General de la Situación Actual de los Sistemas de Biodigestión en México. Recuperado a partir de <http://ecotec.unam.mx/Ecotec//wp-content/uploads/Diagnostico-Nacional-de-los-Sistemas-de-Biodigestion.pdf>
- Vázquez & González, (2006). La alimentación y la composición de la leche en explotaciones gallegas. Recuperado a partir de http://oa.upm.es/2897/2/INVE_MEM_2008_60041.pdf

Yamandú, Acosta, Delucchi, Olivera & Dieste, (2005). Urea en leche, factores que la afectan. Uruguay. Recuperado a partir de http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/leche_subproductos/56-urea_en_leche.pdf