



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
Y ZOOTECNIA

**PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LECHE DE VACA BAJO
CONDICIONES DE PASTOREO A DIFERENTES
ASIGNACIONES DE MATERIA SECA**

TESIS
PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA:

ISIDRO GARCÍA CHÁVEZ

ASESORES:

**DR. EDGAR MERAZ ROMERO
MC. BERNARDO MARÍN MEJIA**



Ciudad Universitaria, cd. Mx., 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres Isidro y Rosario, por su apoyo incondicional. Por su amor, su trabajo y sacrificios, todos estos años. Quienes han sido un verdadero apoyo en cada aventura que he decidido emprender, y espero lo sigan siendo.

A mis hermanos Aarón y Fidel por el apoyo que siempre me brindaron su apoyo en el día a día durante el transcurso de la carrera en la universidad.

A Davinia, mi compañera, que me apoyo en el transitar de mi formación profesional. Quien ha sido mi motivación para seguir siempre adelante.

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento infinito a la Universidad Nacional Autónoma de México, institución que me brindo la oportunidad de realizarme profesionalmente.

A mi familia que me han instado y brindado todo lo necesario para llegar hasta donde estoy, siendo el soporte necesario para mi desarrollo personal y profesional.

A mis amigos y amigas, quienes siempre han estado en los momentos que los he necesitado, y en los que no también.

A mis compañeros y amigos de trabajo del CEIEPAA, quienes me apoyaron durante la investigación.

CONTENIDO

	Página
1. RESUMEN.....	1
2. INTRODUCCIÓN.....	3
2.1 Situación actual de la producción de leche bovina en el mundo....	4
2.1.1 Situación actual de la producción de leche bovina en México.....	5
2.1.2 Producción nacional de leche bovina.....	6
2.1.3 Problemática de la producción de leche bovina en México.....	7
2.2 Sistemas de producción de leche bovina en México.....	9
2.2.1 Regiones climáticas de la república Mexicana donde se desarrolla la ganadería.....	9
2.2.1.1 Región Árida y Semiárida.....	9
2.2.1.2 Región Templada.....	10
2.2.1.3 Región Tropical Seca.....	10
2.2.1.4 Región Tropical Húmeda.....	11
2.2.1.5 Región Montañosa.....	11
2.3 Sistemas de producción de leche.....	12
2.3.1 Tipo de producción especializada.....	13
2.3.1.1 Lechería intensiva.....	13
2.3.1.2 Sistema semi-intensivo en pastoreo.....	15
2.3.2 Lechería doble propósito.....	16
2.3.3 Lechería familiar.....	17
2.4 Producción de leche bovina en pastoreo.....	19
2.5 Importancia del consumo de forraje en pastoreo rotacional.....	20
2.6 Características de la pradera de alfalfa y su relación con el consumo de forraje.....	21
2.7 Hábitos de pastoreo y los factores que lo afectan.....	25
2.7.1 Preferencia por sitio.....	25

2.7.2 Condición del forraje e intensidad del pastoreo.....	25
2.7.3 Estado de madurez o estado fenológico de la planta.....	26
2.7.4 Influencia de la defoliación en el crecimiento y utilización del forraje.....	26
2.8 Cantidad, uso y manejo de la oferta forrajera.....	26
2.9 Composición química de los forrajes.....	27
2.9.1 Proteína.....	27
2.9.2 Fibra.....	28
2.9.3 Extracto etéreo.....	28
2.9.4 Cenizas.....	28
2.10 Efecto de la suplementación sobre el consumo y los hábitos de pastoreo.....	29
2.11 La leche.....	32
2.12 Lactopoyesis	33
2.13 Propiedades fisicoquímicas de la leche.....	34
2.14 Componentes químicos de la leche.....	35
2.14.1 Lípidos.....	35
2.14.2 Sólidos no grasos.....	35
2.14.3 Proteínas.....	36
2.14.3.1 Caseína.....	36
2.14.3.2 Lactoferrina y beta lactoglobulina.....	37
2.14.4 Glucomacropéptidos.....	37
2.14.5 Lisozima.....	37
2.14.6 Carbohidratos.....	37
2.14.7 Vitaminas y minerales.....	38
2.15 Características sensoriales de la leche.....	38
2.15.1 Aspecto.....	38
2.15.2 Olor.....	39
2.15.3 Sabor.....	39
2.15.4 Color.....	39

2.16 Factores que influyen en la composición de la leche.....	39
2.16.1 Especie y raza.....	39
2.16.2 Alimentación.....	40
2.17 Alimentación de vaca lechera de alta producción.....	41
2.17.1 Periodo de lactancia.....	41
2.17.2 Curva de lactancia.....	41
3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	43
3.1 Objetivo General.....	43
3.2 Objetivo específico.....	43
3.3 Hipótesis.....	43
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	44
4.1 Localización y duración.....	44
4.2 Clima.....	44
4.3 Animales.....	44
4.4 Alimentación.....	45
4.5 Ordeño.....	45
4.6 Tratamientos.....	45
4.7 Estimación de la cantidad de materia seca presente.....	46
4.8 Estimación de la cantidad de materia seca residual en pradera.....	46
4.9 Composición botánica del forraje antes del pastoreo (AP) y después del pastoreo (DP).....	47
4.10 Composición química del forraje.....	47
4.11 Estimación de la producción y composición de la leche.....	47
4.12 Diseño Experimental.....	48
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	50
6. CONCLUSIONES.....	60
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61

Índice de cuadros

		Pág.
Cuadro 1.	Parámetros de la NMX-F 700-COFOCALEC, 2004	34
Cuadro 2.	Factores nutricionales que influyen en la composición de la leche	40
Cuadro 3.	Producción de leche de vaca a diferentes asignaciones de materia seca, ajustadas a días en leche.	51
Cuadro 4.	Calidad nutritiva de praderas mixtas utilizadas en la alimentación de vacas a diferentes asignaciones de forraje	53
Cuadro 5.	Producción y composición botánica y morfológica del forraje ofrecido a vacas lecheras a diferentes asignaciones de forraje.	54
Cuadro 6.	Porcentaje (%) de grasa en leche de vaca a diferentes asignaciones de materia seca en pastoreo en dos ordeños, ajustada a días en leche.	55
Cuadro 7.	Porcentaje (%) de proteína en leche de vaca a diferentes asignaciones de materia seca en pastoreo, ajustada a días en leche.	57
Cuadro 8	Porcentaje (%) de lactosa en leche de vaca a diferentes asignaciones de materia seca en pastoreo, ajustada a días en leche.	58
Cuadro 9	Porcentaje (%) de sólidos no grasos (SNG) en leche de vaca a diferentes asignaciones de materia seca en pastoreo, ajustada a días en leche.	59

Índice de Figuras

	Pág.
Figura 1. Consumo de materia seca promedio (kg de MS/vaca/día) de vacas alimentadas a diferentes asignaciones de forraje	50

1. RESUMEN

GARCÍA CHÁVEZ ISIDRO. Producción y calidad de leche de vaca bajo condiciones de pastoreo a diferentes asignaciones de materia seca. Bajo la dirección de: Dr. Edgar Meraz Romero y MC. Bernardo Marín Mejía.

Con el objetivo de evaluar la producción y calidad de leche de vaca a diferentes asignaciones de forraje con base en el peso vivo, se realizó el presente estudio en el Módulo de Bovinos Lecheros del CEIEPAA de la FMVZ-UNAM, ubicado en el Municipio de Tequisquiapan, Querétaro. Se utilizaron 60 vacas de las razas Holstein Friesian, Jersey y sus cruza, con un promedio de días en lactancia al inicio del tratamiento de 215 y al final del experimento de 305 ± 182 , número de lactaciones 3 ± 2 , peso vivo promedio de 505 ± 71 Kg y una condición corporal de 2.5 ± 0.16 . Las vacas fueron alimentadas en una pradera alfalfa con gramíneas, bajo un sistema de pastoreo intensivo rotacional en franjas, después de cada ordeño las vacas recibieron una complementación alimenticia fija (1.5 % del PV/vaca/día) con heno de alfalfa; por la mañana se proporcionó alimento balanceado con 21 % de PC a todas las vacas. Se realizaron dos ordeños (matutino, 07:00 am y vespertino 15:00 h) con ordeñadora mecánica tipo carrusel (Westfalia®), con capacidad para 16 plazas. Se formaron al azar tres grupos de 20 vacas y se plantearon tres tratamientos (T): T1: 2% MS/PV/vaca/día en pastoreo; T2: 3% MS/PV/vaca/día en pastoreo; T3: 4% MS/PV/vaca/día. Durante toda la fase experimental se midió diariamente la producción de leche por vaca en cada uno de los ordeños (matutino y vespertino). Se realizaron 3 muestreos de leche para estimar propiedades químicas, durante toda la investigación en los días 1, 45 y 85. En cada muestreo se tomaron dos muestras de leche con vasos separadores una en el ordeño matutino y otra en el vespertino para determinar grasa, proteína, lactosa y sólidos no grasos.

Los datos fueron procesados y analizados con el paquete estadístico SAS, de acuerdo al modelo para un diseño completamente al azar, utilizando los días en leche como covariable. Se realizó una prueba de comparación de medias por el procedimiento de Tukey. Hubo diferencias ($p < 0.05$) en el consumo de materia seca (17.40, 20.45 y 21.26 kg MS/vaca/día, para T1, T2 y T3 respectivamente). No hubo diferencias ($p > 0.05$) para la producción de leche (17.06, 16.30 y 16.94 L/vaca/día, para T1, T2 y T3). Existieron diferencias ($p < 0.05$) para grasa (%) en leche para el ordeño matutino y vespertino (4.08, 4.29 y 4.84; 4.95, 4.85 y 4.26 para T1, T2 y T3, respectivamente). No hubo diferencias ($p > 0.05$) para proteína (%) en los dos ordeños (3.41, 3.46 y 3.46; 3.54, 3.62 y 3.49 para T1, T2 y T3, respectivamente). En lactosa (%) no se observaron diferencias ($p > 0.05$) en los dos ordeños (4.70, 4.78 y 4.84; 4.84, 4.84 y 4.88 para T1, T2 y T3, respectivamente). Se observaron diferencias ($p < 0.05$) para sólidos no grasos (%) para el ordeño matutino únicamente no así para el vespertino (8.91, 9.24 y 9.31; 9.34, 9.48 y 9.39 para T1, T2 y T3, respectivamente). Se concluye que las diferentes asignaciones, no afectó la producción de leche. La cantidad de forraje residual fue mayor cuando se asignó más cantidad de forraje. Se incrementó la cantidad de grasa en leche por la tarde que radica en el vaciado de la grasa emulsionada. No hubo ningún cambio en la cantidad de proteína y lactosa de la leche. La cantidad de sólidos no grasos incrementó con el avance de la lactancia.

2. INTRODUCCIÓN

En México la producción de leche de bovina es muy heterogénea desde el punto de vista tecnológico, agroecológico y socioeconómico, incluyendo la gran variedad de climas regionales y características de tradiciones y costumbres de las poblaciones. Sin embargo, la industria de productos lácteos es la tercera actividad más importante dentro de la rama de la industria de alimentos en México (SE, 2012). La producción primaria de la leche es uno de los eslabones importantes a lo largo de la cadena de producción, transformación y manipulación de la leche y productos lácteos, por lo que debe asegurarse que la leche sea producida por animales sanos, bajo condiciones aceptables para éstos últimos y en equilibrio con el medio ambiente, satisfaciendo las expectativas de la industria alimentaria y de los consumidores; apoyándose en la implementación de las Buenas Prácticas de Ordeño Higiénico y Manejo de la Leche, lo cual refuerza la comercialización nacional e internacional de productos lácteos inocuos y de calidad asegurada (OIRSA, 2007).

Por lo anterior es imprescindible un control eficaz en la producción primaria de leche, a fin de evitar las consecuencias para la salud humana y la economía que derivan de las enfermedades y los daños provocados por la contaminación y el deterioro de la misma (OIRSA, 2007). La producción presenta una diversidad de condiciones, que van determinando una variedad de costos de producción, entre los principales factores que influyen en este tema se tienen el grado de tecnificación de la explotación, el tipo de alimentación del ganado, el tipo de raza o ganado lechero especializado entre otros, así como las condiciones climáticas y la disponibilidad de agua. Al considerar el grado de tecnificación de las explotaciones lecheras, destaca que el nivel de los costos de producción sea más alto en las que operan con una mayor tecnificación, relacionando los costos de alimentación, gastos generales, depreciaciones, pagos de impuestos y gastos financieros, principalmente. En contraste, en las explotaciones de menor tecnificación el mayor peso en costos corresponde a la mano de obra y no tienen costos por servicios financieros (SE, 2012).

2.1 Situación actual de la producción de leche bovina en el mundo

El consumo y el comercio mundial de alimentos en general y de lácteos en particular está influenciado por un conjunto de factores referidos al contexto macroeconómico esperado y a la evolución de la población mundial y su localización, así como de las políticas de apoyo a la producción y comercialización en los distintos países y de las negociaciones internacionales. Todos ellos afectan la demanda, la oferta y el comercio mundial (SE, 2012).

Actualmente la mayor parte del consumo de lácteos está concentrado en los países industrializados, como consecuencia de su mayor poder adquisitivo; por su parte, el ritmo de crecimiento potencial del consumo en los países en desarrollo también se ha elevado, porque en estos casos, al crecimiento poblacional, se agrega el aumento en el consumo por habitante. Razón por la cual, en las previsiones de largo plazo, no sólo importan las proyecciones del crecimiento económico promedio mundial, sino el dinamismo que tendrán en términos relativos los países industrializados y los países en desarrollo (SE, 2012).

Se estima que la población mundial consume anualmente cerca de 500 millones de toneladas en equivalente leche en diversas presentaciones para alimento humano. El 85% corresponde a leche de vaca y el resto a otras especies (búfala 11%, cabra 2 % y otras 2%). La leche de búfala solo tiene importancia en el comercio local de países del sur de Asia (India y Paquistán) (SE, 2012).

En los países de América Latina existe una marcada tendencia al aumento de las importaciones de productos lácteos. En América Latina; México, Brasil y Venezuela contabilizan más del 90% del déficit comercial de lácteos, mientras Argentina y Uruguay tienen el mayor superávit. Por su parte, los Estados Unidos resulta un importador neto de productos lácteos, sus exportaciones (altamente subsidiadas) son especialmente insumos lácteos como la leche en polvo, y sus importaciones son quesos de alto valor agregado (SE, 2012).

Entre los países a nivel mundial en importaciones de leche en polvo se encuentran: México, Japón, Indonesia, Filipinas, Rusia, China, Taiwán, Argelia y Corea. Respecto a las exportaciones son tres las regiones; Unión Europea, Oceanía y Estados Unidos responsables de un 70% de las exportaciones mundiales (SE, 2012).

2.1.1 Situación actual de la producción de leche bovina en México

En México la producción de leche representa la quinta parte del valor total pecuario, siendo la tercera en importancia, superando a la producción de carne de cerdo y huevo (SIAP, 2015). El crecimiento de la producción primaria, a pesar de ser importante y mostrar índices superiores al crecimiento de la población, no son suficientes para abastecer a una industria que ha logrado una transformación profunda, obtenida con base a calidad y desarrollo de nuevos productos, lo que ha provocado en la población un mayor consumo de productos lácteos. La producción de leche en México en los últimos 15 años (2000-2015) ha tenido un crecimiento promedio anual del 1.5 %, con una producción en el año 2014 de 11, 129, 921 de litros (SIAP, 2015).

Las importaciones de productos lácteos equivalen a 10 millones de litros diarios (22,000 millones de pesos anuales) siendo un país deficitario en la producción de leche, por lo que para cubrir la demanda interna se recurre a las importaciones de distintos productos lácteos; materias primas (80%) y productos terminados (20%); en términos de leche equivalente, las importaciones en los últimos 10 años representan un 30% del consumo total en México, los cuales se podrían producir en México generando una gran derrama económica y miles de empleos directos e indirectos (CANILEC, 2014; SIAP, 2015). México tiene la capacidad de producir esta leche si se dan las condiciones de mercado. El consumo per cápita de los mexicanos es de 112 litros por año, la recomendación de la FAO es de 188 litros anuales, por lo que la producción se debe de duplicar en los próximos 5 años para responder a la demanda (CANILEC, 2014; SIAP, 2015).

La innovación no sólo se refleja en el tipo de productos sino en los procesos, envases y presentaciones, los cuales aumentan la vida de anaquel del producto y hacen más accesible al público el consumo de los mismos dentro y fuera de los hogares. El sector lechero mexicano cuenta con grandes posibilidades de expansión en el mercado interno, ya que según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), consumimos sólo el 63% de la Ingesta Diaria Recomendada (IDR) por esa institución (CANILEC, 2014).

2.1.2 Producción nacional de leche bovina

La industria formal está conformada por aproximadamente 200 empresas las cuales adquieren el 85% de la producción de leche que se produce en el país; existen muchas otras empresas que elaboran productos lácteos de manera temporal en función de varios factores como son: el precio de la leche fresca, la demanda de los productos terminados, particularmente quesos frescos, por mencionar las más importantes (CNSPBL, 2014).

En México en el año 2014 se produjeron 11, 129, 920 miles de litros de leche (70% del consumo nacional), teniendo un consumo total de 16, 101, 356 miles de litros equivalentes (leche fluida y productos lácteos; queso, mantequillas, yogurt, etc.). Por lo que se importaron 4,971, 435 miles de litros equivalentes (30% del consumo nacional). Se obtuvo un consumo interno de 15, 158, 882 miles de litros (95.14%) y se exportaron 773, 087 (5.85%) miles de litros (CANILEC, 2014; SIAP, 2015).

La industria lechera mexicana se ha diversificado ampliamente y elabora productos de la más alta calidad. La industria sigue elaborando productos tradicionales como leches pasteurizadas, ultra pasteurizadas, en polvo, condensadas, evaporadas, cremas, mantequillas, yogurts, postres y quesos; estos productos se elaboran en todas sus clasificaciones como son enteros, semidescremados y descremados (CNSPBL, 2014).

Durante las últimas 2 décadas se ha intensificado el desarrollo de nuevos productos como son sueros en polvo desmineralizados, productos adicionados con probióticos y prebióticos, productos deslactosados, por mencionar sólo algunos (CNSPBL, 2014).

2.1.3 Problemática de la producción de leche bovina en México

Uno de los principales retos que enfrenta la industria lechera a nivel nacional es tener un crecimiento en la producción y el consumo de leche entre la población, siendo la recomendación de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por su sigla en inglés) 500 mililitros diarios. Donde actualmente se consumen se consumen 306 mililitros al día. Con la cantidad recomendada por la FAO, el país tiene una oportunidad de crecimiento de 38.8% (CANILEC, 2014; SIAP, 2015).

La disponibilidad de tierra es un factor limitante de la producción agrícola; en nuestro país cada día es menos la posibilidad de ampliar en cantidad las zonas agrícolas, por lo que es indispensable ampliar la producción por medio de una mayor eficiencia por unidad de superficie (Cadena, 1998). El aumento rápido en la población, la creciente urbanización son algunos de los factores que están impulsando un enorme incremento de la demanda de alimentos de origen animal (leche, carne, huevo) en los países en desarrollo. Mundialmente la producción pecuaria está creciendo más de prisa que cualquier otro sector, y se prevé que para 2020 el sector ganadero será el sector agropecuario más importante en lo que respecta al valor agregado. Derivado de lo anterior, este proceso ha sido denominado la revolución ganadera, la cual tiene importantes características entre las que destacan:

- Enorme y rápido aumento del consumo de productos pecuarios en los países en desarrollo;
- Reorientación de la producción ganadera de las zonas templadas y secas a entornos más cálidos y húmedos;

- Cambio en la ganadería, de ser una actividad familiar para convertirse en una producción orientada al mercado y cada vez más integrada;
- Creciente presión sobre los recursos de pastizales;
- Unidades de producción industrial en mayor escala situadas cerca de los centros urbanos,
- Importancia menor de los rumiantes frente a especies de animales no rumiantes;
- Rápido aumento de la utilización de alimentos balanceados a base de cereales (SE, 2012).

Casi todos los alimentos de origen animal que se consumen en los países en desarrollo son suministrados actualmente por pequeñas explotaciones familiares, en las que a menudo se combina la ganadería con la agricultura, o por pastores. Se prevé que la notable expansión actual de la demanda de productos pecuarios para el consumo humano tendrá importantes consecuencias tecnológicas y estructurales para el sector ganadero. Será necesario aumentar considerablemente la productividad de la ganadería en los países en desarrollo para poder satisfacer la demanda de los consumidores, utilizar más eficazmente unos recursos escasos y generar ingresos para una población agrícola en aumento (SE, 2012).

Para lograr que un sistema de producción de leche sea eficiente, rentable, competitivo, sustentable y de bajo costo, hay varios objetivos que se deben alcanzar. Entre ellos se destacan en orden de prioridad:

1. Conformar un buen equipo de trabajo (capacidad de gerenciamiento y mano de obra motivada y capacitada)
2. Usar animales con potencial genético adecuado y en función del manejo alimenticio
3. Producir alimentos más baratos y usarlos en forma más eficiente

4. Implementar un esquema nutricional: apropiado a la empresa y a las condiciones externas, de simple ejecución, con cambios de dietas programados y paulatinos, y que pueda ser rutinariamente controlado
5. Mejorar la eficiencia reproductiva del sistema
6. Monitorear permanentemente la salud animal en todas las categorías (con especial énfasis en la cría y recría de las hembras)
7. Eficiencia y escala productiva adecuada (Comeron, 2007).

2.2 Sistemas de producción de leche bovina en México

2.2.1 Regiones climáticas de la república Mexicana donde se desarrolla la ganadería.

Debido a lo variado de la topografía y a las diferencias ecológicas de México; la ganadería para su estudio se ha subdividido en regiones. Extendiéndose desde las zonas áridas y semiáridas del norte, hasta las regiones tropicales del Golfo y la Península de Yucatán. Por las características climáticas y la relación suelo-planta-animal, la geografía mexicana ha sido dividida en las siguientes regiones (Villegas *et al*, 2001; Blanco, 2010).

2.2.1.1 Región Árida y Semiárida

Esta zona se localiza en el norte del país, se considera que es la más extensa de las regiones: comprende los estados la Península de Baja California, Chihuahua, Durango, Sonora, Coahuila, Tamaulipas, y Durango. El periodo de lluvia varía entre 300 y 600 mm anuales. Se presenta una cubierta vegetal de no menos de 70% predominando principalmente especies xerofitas. La vegetación es en pastizal abierto, en la que predomina zacate navajita (*Bouteloua gracilis*), zacate toboso (*Hilaria mutica*), zacate alcalino (*Sporobolus airoides*), entre otros. Se encuentra a una altura de 0 a 2000 msnm, con temperaturas entre 0 a 43 °C (Villegas *et al*, 2001; Blanco, 2010).

2.2.1.2 Región Templada

Esta región está comprendida por parte de los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Zacatecas y San Luis Potosí. Cuenta con una precipitación pluvial entre los 500 a los 2500 mm, aunque puede descender hasta los 200 mm en climas secos y aumentar hasta 4000 mm en climas cálidos. La vegetación predominante es la formada por los bosques de encino (*Quercus spp*), pinos (*Pinus spp*), y oyamel (*Abies spp*); siendo de carácter forrajero el zacate navajita (*Bouteloua gracilis*) y la vegetación arbustiva. Se encuentra entre los 1500 a 2500 msnm, con temperaturas entre los 12 y 22 °C, aunque puede descender hasta 6 °C en los climas templados y alcanzar los 24 °C en los climas secos (Villegas *et al*, 2001; Blanco, 2010).

Se cultiva alfalfa (*Medicago sativa*), maíz (*Zea mays*), sorgo (*Sorghum vulgare*), avena (*Avena sativa*) y garbanzo (*Cicer arietina*), cultivos que son considerados como forraje de corte y granos, para la alimentación del ganado lechero y engorda de toros y toretes en confinamiento (Blanco, 2010).

2.2.1.3 Región Tropical Seca

Esta región comprende parte de los estados de Baja California Norte y Sur, Sinaloa, Nayarit, Sonora, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán. La precipitación pluvial se encuentra entre los 600 a 1200 mm anuales. La vegetación de la región está formada por selvas caducifolias y subcaducifolias; se tiene la presencia de leguminosas nativas como la leucaena (*Leucaena leucocephala*) y zacates como el guinea (*Panicum máximum*), buffel (*Cenchrus ciliaris*), Jaragua (*Hyparrhenia rufa*), bermuda (*Cynodon dactylon*) y la estrella africana (*Cynodon plectostachyus*). Cuenta con un rango de temperatura media entre los 18 a 22 °C (Villegas *et al*, 2001; Blanco, 2010).

2.2.1.4 Región Tropical Húmeda

Comprende los estados de Campeche, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz, Yucatán y parte de Chiapas. Presenta una precipitación anual mayor a los 1200 mm y variaciones de hasta 2500 mm en ciertas zonas de la región (Villegas *et al*, 2001; Blanco, 2010).

La vegetación es característica de selvas perennifolias y sub perennifolias; donde encontramos el árbol Ramón (*Brosimum alicastrum*), considerado un sustituto de la alfalfa en la región en esta región existen gramíneas que pueden ser utilizadas en la ganadería; el zacate guinea (*Panicum maximum*), zacate pangola (*Digitaria eriantha*), pasto alemán (*Echinochloa polistachya*) y el pasto pará (*Brachiaria mutica*). La temperatura media se encuentra entre los 18 a 24 °C (Villegas *et al*, 2001; Blanco, 2010).

2.2.1.5 Región Montañosa

Esta región comprende Puebla, Veracruz y Chiapas. En la región podemos encontrar el zacate kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), teniendo mayor importancia esta región para la actividad forestal. La temperatura promedio se encuentra entre los 18 °C, con una precipitación pluvial de 1000 mm anuales (Blanco, 2010).

2.3 Sistemas de producción de leche

El objetivo de la producción lechera es obtener una cantidad óptima de leche y de buena calidad, a un costo económico. Asimismo obtener animales necesarios para cubrir las necesidades de reemplazo, crecimiento y venta de excedentes. Los factores principales, que han impedido el éxito en el desarrollo de la producción lechera en México, es el manejo de la alimentación y reproducción, baja genética de los animales e inadecuados programas sanitarios para el control de enfermedades. Por lo que es necesario introducir nuevas técnicas y sistemas de manejo en la explotación lechera, para obtener una mejor producción (Ortiz *et al*, 2005).

Los sistemas de producción de leche pueden ser clasificados en función del esquema de alimentación. Es así que podemos encontrar en los extremos los “exclusivamente pastoriles” (tipo predominantemente neozelandés) y los “totalmente estabulados” (tipo predominantemente norteamericano). Entre esos extremos tenemos un gradiente de situaciones definido básicamente por la relación forraje: concentrado (calidad de la dieta) y el tiempo afectado bajo condiciones de pastoreo y/o confinamiento. Un sistema pastoril donde la dieta se basa en “Gramíneas”, principalmente en zonas tropicales, es de esperar como promedio anual una producción individual de 15 litros/vaca/día (o 4,500 litros/lactancia a 300 días). En cambio, con una dieta basada en el pastoreo de alfalfa se podrían alcanzar los 25 litros/vaca/día (7,500 litros/lactancia) (Salcedo, 2002).

La producción de leche en México se desarrolla en condiciones muy heterogéneas desde el punto de vista tecnológico, agroecológico y socioeconómico (Ortiz *et al*, 2005). Los sistemas de producción dependen de la región ecológica en la que se encuentren, los cuales podemos clasificar por su grado de intensificación: intensivas, semi-intensivas y extensivas. En México se pueden distinguir tres tipos de producción de leche: especializado, semiespecializado, y doble propósito y familiar (Villegas *et al*, 2001; Blanco, 2010).

2.3.1 Tipo de producción especializada.

Se localiza en la zona noreste, el altiplano central, el bajío y el altiplano norte El tipo de ganado es fundamentalmente de la raza Holstein Friesian, cuya alimentación se basa en el uso de alimentos balanceados y forrajes henificados o ensilados (Villegas *et al*, 2001; Blanco, 2010).

2.3.1.1 Lechería intensiva

Los sistemas intensivos actuales, que constituyen una copia del Modelo Holstein Norteamericano, se enfocan a aumentar la productividad de los recursos invertidos, utilizando insumos en grandes volúmenes. Estas empresas producen con altos costos unitarios, por lo que requieren grandes volúmenes de producción y precios altos para tener utilidades. Emplean ganado muy productivo, principalmente de raza Holstein las cuales producen de 7,000 a 8,500 litros/vaca/año, la duración promedio de lactancia es de 10 meses, las vacas se mantienen en instalaciones especializadas y con procesos mecanizados. La producción de leche se destina a la pasteurización y la producción de derivados lácteos en grandes empresas nacionales (Ortiz *et al*, 2005).

Los ganaderos operan un sistema rentable, con una tecnología de manejo de vanguardia. Los animales dependen 100 % de la alimentación que se les proporciona en el comedero, que a su vez está integrado a un corral con sus instalaciones, sombras, bebederos etc. La alimentación está formada por una parte de forraje y otra de concentrado (normalmente en esta porción está incluido los minerales y vitaminas), estas partes se ofrecen separadas o juntas en un sistema de ración integrada. La relación forraje concentrado puede variar desde un 60:40 a un 40:60, para el manejo se requiere de maquinaria, y cuando la ración es integral, de un carro mezclador para formular la ración (Cadena, 1998).

Dentro de las instalaciones se pueden integrar trampas para checar a los animales dentro del mismo corral, los ingredientes algunos pueden ser comprados o producidos en la misma explotación, dentro de los forrajes utilizados pueden ser ensilados, heno o forrajes verdes picados. Este sistema con sus variantes es el más usado, y cada vez es más frecuente encontrar establos 28-30 litros de leche de vaca por día, cuando el manejo involucra crianza, genética, selección y alimentación (Cadena, 1998)

Los sistemas de producción son mecánicos: la ordeña es mecánica, el establo está equipado con tanques de enfriamiento, existe un buen control sanitario y el personal recibe capacitación. Los productores de este sistema tienen acceso a crédito bancario, o bien forman parte de uniones de crédito; cuentan con cooperativas de consumo, lo que les permite realizar compras de consumo al mayoreo a precios de descuento; presentan altos grados de integración hacia la fuente de abastecimiento de insumos (alimentos balanceados y forrajes) y hacia la comercialización; generalmente son accionistas de las grandes cooperativas lecheras en México. Contribuye con el 25% de la producción nacional y con más del 80% de la leche pasteurizada que se consume en las grandes ciudades del país (Villegas *et al*, 2001; Blanco, 2010).

La producción intensiva se ha concentrado alrededor de las industrias envasadoras de leche. Las principales regiones que se presentan este tipo de producción son: Comarca Lagunera, Chihuahua, Los Altos de Jalisco, Aguascalientes, Guanajuato, Estado de México, Querétaro e Hidalgo; la producción nacional se destina a su procesamiento industrial y parte de esta se consume como leche cruda (Blanco, 2010).

2.3.1.2 Sistema semi-intensivo en pastoreo

Esta ganadería no está muy difundida en nuestro país, debido a las pocas extensiones de tierra destinadas a la alimentación del ganado especializado con base en pastoreo; esta escasez es ocasionada por las grandes irregularidades de la topografía del país. Se lleva a cabo solo en algunos lugares como la sierra norte de Puebla, Veracruz y Tlaxcala, donde la topografía lo permite, extendiéndose en los últimos años a Sonora, Aguascalientes y Querétaro, imitando el sistema neozelandés (Blanco, 2010).

La alimentación de las vacas se realiza en praderas de gramíneas (Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), rye grass (*Lolium perenne*) o praderas de leguminosas Alfalfa (*Medicago sativa*), trébol blanco (*Trifolium repens*), incluyéndose siempre la suplementación con concentrados. En ocasiones el pastoreo es alternado con otras especies animales, que permiten que se resiembren los pastos para su mayor durabilidad (Blanco, 2010).

El sistema de producción de leche en praderas involucra toda una filosofía de sustentabilidad óptima producción agrícola (forrajes), teniendo al animal como el convertidor de forraje en leche, teniendo como objetivo la producción por hectárea. En este sistema se minimiza el uso de concentrados y/o suplementos para lograr mejor producción en pradera. Una de sus ventajas es la reducida inversión, en instalaciones, maquinaria y equipo para la alimentación de los animales, siendo la mayor la pradera y el animal (Arriaga *et al*, 1999). A través del tiempo se logra una mejora en la fertilidad del suelo, por la reintegración de nutrientes contenidos en las deyecciones; mejorando la estructura del suelo y proporcionando una cubierta vegetal que reduce la erosión. Las desventajas que presenta este modelo de producción es un manejo de las praderas de acuerdo a las épocas de crecimiento de las plantas, llegando tal vez a un agotamiento de la misma. Así como en periodos de fuerte precipitación, hay que tener un lugar a donde sacar a los animales, o asignar áreas de sacrificio (Cadena, 1998).

El uso de praderas en la alimentación de vacas lecheras resulta un sistema de producción de leche a bajo costo (Peyraud y Delaby, 2001). En los sistemas de base pastoril en zonas templadas, especialmente si incluyen alfalfa, la energía es el principal nutriente limitante (Comeron, 2007). Por este motivo, los concentrados energéticos son habitualmente incluidos en las estrategias de alimentación de vacas lecheras de alta producción (Álvarez *et al*, 2006).

2.3.2 Lechería doble propósito

Se desarrolla principalmente en las regiones tropicales del país utilizando razas Cebuínas y sus cruza con Suizo, Holstein y Simmental, presenta la característica de que el ganado de las explotaciones tiene como función zootécnica principal el producir carne o leche dependiendo de la demanda del mercado. El manejo de los animales se efectúa en forma extensiva, basando su alimentación en el pastoreo a base de pastos inducidos y en menor grado mejorados; tiene como característica la reconversión a pastizales de una fracción de las parcelas agrícolas, una producción marcadamente estacional, entre 6 y 8 meses (Villegas *et al*, 2001; Ortiz *et al*, 2005).

Este tipo de explotación presenta problemas de sanidad animal, comercialización, conservación y transporte; el ordeño es manual y en general la mayoría de las explotaciones no cuenta con equipo de enfriamiento. Para resolver los problemas de comercialización, en los últimos años se ha organizado a los pequeños productores en "grupos solidarios" que vendan su leche a empresas transnacionales. Para tal fin, cuentan con un tanque de enfriamiento para conservar su producto. Los productores se organizan por medio del acopio en el tanque, lo que les facilita la comercialización (Villegas *et al*, 2001; Ortiz *et al*, 2005).

Los productores de este sistema tienen un acceso muy limitado al crédito y los servicios en general; Sus canales de comercialización son básicamente tres: a) venta a los productores de quesos artesanales, b) venta como leche fluida sin pasteurizar y c) venta para la deshidratación. La fuente de ingresos para mantener la operación de la explotación es la leche, hasta la venta de los animales para carne, aunque paulatinamente se han ido conformando explotaciones con el carácter comercial de producción de leche. En época de mayor producción las compañías captadoras de leche encuentran un negocio atractivo al reducirse el precio por la oferta (Villegas *et al*, 2001; Ortiz *et al*, 2005).

2.3.3 Lechería familiar

La lechería familiar está formada por sistemas productivos de tipo campesino, dirigidos a aprovechar los recursos de familias rurales. Existe la idea errónea de considerar a este sistema como una variante poco desarrollada de la lechería intensiva. Si bien es notoria su baja tecnificación y escala, su esencia es otra, con lógicas y objetivos diferentes. La lechería familiar constituye una fuente importante de materia prima para toda la industria de lácteos en general y en forma estacional y temporal a la industria pasteurizadora. Las ventajas que percibe la industria en este sistema son el precio y la sostenibilidad en el abasto funcionando como sistema amortiguador en épocas de crecimiento, cuenta con bajos costos y poca dependencia de insumos externos a la empresa. Las principales desventajas por su parte son la dispersión de la oferta y la calidad sanitaria (Ortiz *et al*, 2005).

En varias partes del país, la participación de la industria ha sido el estimulante de este tipo de lechería, mediante el desarrollo de sistemas de acopio y el otorgamiento de servicios, como la asistencia técnica o la venta en condiciones favorables de concentrados, medicinas, semen, maquinaria, equipo e inclusive pie de cría. Por lo general no se llevan registros productivos y reproductivos. Para la lechería familiar el promedio es de 5-25 vacas por ható, con 300-700 litros/vaca/año (Villegas *et al*, 2001; Ortiz *et al*, 2005).

La alimentación del ganado es basada en pastoreo con el uso de alimentos balanceados (5-6 kg por vaca) o mediante el suministro de forrajes o esquilmos producidos en la propia unidad de producción. En algunas regiones los esquilmos agrícolas constituyen la base de la alimentación. Cuando se proporcionan granos, por lo general, son generados en la propia unidad de producción y la compra de insumos forrajeros se realiza en forma flexible. La mayor parte de las empresas realizan la crianza de sus propios reemplazos, y tienen poca inversión en mejoramiento de su infraestructura (Ortiz *et al*, 2005).

Se localiza principalmente en la región del altiplano. El tipo de ganado resulta de una serie de cruzamientos entre las razas Holstein Friesian, Pardo Suizo y Criollo, aunque predomina el primero. El ordeño manual, eventualmente mecánica, y no se dispone de equipo de enfriamiento; existe un deficiente control sanitario y no se tiene acceso a una capacitación tecnológica. Los productores de este sistema tienen un acceso muy limitado al crédito y a servicios en general. Sus canales de comercialización son básicamente tres: a) venta para su deshidratación, b) venta como leche cruda, directamente al consumidor y c) venta a productos artesanales de queso. Este sistema aporta entre el 50 y 60 % de la leche fresca que se consume en México, representando un 35 % de la producción del país (Villegas *et al*, 2001).

La ventaja de este sistema es su flexibilidad, pues depende poco de insumos externos y tiene bajos costos, lo que lo hace menos vulnerable a variaciones en los mercados (Ortiz *et al*, 2005).

2.4 Producción de leche bovina en pastoreo

La producción de leche en pastoreo mediante el uso del pastoreo rotacional, puede reducir los costos de producción, aun con producciones modestas por vaca, en los sistemas productivos lecheros actuales. Por otra parte, no es un sistema donde se alcanzan altas producciones de leche por vaca, pero sí, es un sistema de producción a bajo costo. El objetivo para tener una mayor producción de leche es la utilización de nutrientes contenidos en el forraje. Entre otros factores, la suplementación de concentrados, el manejo, utilización y mejora de las praderas, agrupación por etapas fisiológicas, uso de ensilados, y el uso de cargas altas favorecen más los rendimientos de producción de leche por unidad de superficie. La suplementación debe ir encaminada a compensar los nutrientes deficitarios de los forrajes (Salcedo, 2002).

La incorporación de alimentos balanceados de tipo comercial a la dieta basal es utilizada para proveer la cantidad de nutrientes que la vaca no puede obtener por parte del forraje y de tal manera alcanzar las metas de producción fijadas. En algunas explotaciones, las deficientes prácticas de manejo de praderas e inapropiado uso del recurso forrajero han conllevado a que la suplementación sea preponderante en las ganaderías, y aunque la productividad aumenta, los ingresos netos vaca/año pueden verse reducidos (Mendoza, 2011).

La eficiencia de los sistemas lecheros se expresa generalmente como los litros de leche o kilos de sólidos (grasa butírica y proteína bruta) producidos por unidad de superficie (hectárea) ocupada por las vacas totales (ordeño + secas). Este valor de eficiencia surge como consecuencia de: la carga animal (vacas totales/hectárea de vacas totales/año), la producción individual (litros de leche/vaca/día o kg de sólidos/vaca/día), y la eficiencia reproductiva (relación vaca en ordeño: vacas totales) (Comeron, 2007).

2.5 Importancia del consumo de forraje en pastoreo rotacional

Se ha tenido un gran interés en conocer la regulación del consumo de materia seca en el ganado lechero, para mejorar la producción, la salud y el bienestar animal. Predecir el consumo de materia seca voluntario, es complejo ya que está influido por numerosos factores relacionados con la dieta, la ingestión, las instalaciones, el medio ambiente y los animales. Las variaciones en la ingesta están dadas por el estado reproductivo, condición corporal, cambios metabólicos de la lactación y señales metabólicas (los metabolitos, las hormonas reproductivas, las hormonas de estrés, la leptina, la insulina, los péptidos, las citosinas y los neuropeptidos) los cuales pueden desempeñar un papel importante en su regulación (Ingvarsen y Andersen, 2000).

El uso de sistemas de pastoreo rotacional permite a los productores lecheros utilizar sus praderas con mayor eficiencia. Bajo pastoreo rotativo, los períodos de descanso aumentarán el rendimiento de las plantas para que puedan recuperarse de los daños causados por el pisoteo y el regreso de los animales al área para pastorear más rápidamente, dando como resultado una mayor cobertura de hoja producida. Al ganado que se le dan asignaciones mayores asignaciones, tienden a pastar rebrote porque es más joven y más agradable al paladar. Este pastoreo en asignaciones largas disminuye el potencial de rendimiento, permitiendo una mayor invasión de malas hierbas y pasto, reduciendo la calidad (Jennings, 2014).

El Pastoreo en Franjas o Pastoreo Racional Intensivo (PRI), descrito por André Voisin en 1967 como “el sistema más eficiente para condiciones de producción en pastoreo”, permite manejar altas cargas animales, así como manipular el periodo de descanso de las praderas, acrecentando el uso de la pradera debido a un menor desperdicio (Mendoza, 2011).

2.6 Características de la pradera de alfalfa y su relación con el consumo de forraje

Un fenómeno particular que se observa en las explotaciones lecheras, es la gran variación en la producción diaria de leche. Presuntamente el factor más crítico es la misma heterogeneidad diaria de la oferta forrajera, que afecta directamente el consumo de materia seca. Si la oferta varía de un día a otro, la intensidad de pastoreo se verá afectada obstaculizando el ajuste óptimo de la carga animal de acuerdo a la producción obtenida (Mendoza, 2011).

Los dos factores más influyentes en el consumo de animales en pastoreo son la cantidad y la calidad del forraje disponible, en ese orden de prioridades. Para suministrar a los animales la óptima cantidad y proporción de nutrientes con el uso de forrajes en situaciones de pastoreo, es necesario comprender los mecanismos por los que el animal selecciona e ingiere el material presente en el potrero. (Mendoza, 2011).

El uso eficiente de la alfalfa debe basarse en el conocimiento de sus procesos de crecimiento para permitir un manejo racional del cultivo. De esta manera, su adaptabilidad a los distintos tipos de clima y suelo, sus niveles de producción y la calidad del forraje son eficientemente aprovechados, integrando al cultivo a los principales sistemas de producción agrícola-ganaderos. Una premisa básica debe ser considerada en el eficiente manejo de este cultivo: la alfalfa es una de las pocas especies que tolera pastoreos intensos pero poco frecuentes; en cambio, no tolera pastoreos frecuentes aunque sean livianos (Romero *et al*, 1995).

La parte aérea de la planta fotosintetiza los componentes necesarios para el desarrollo radicular y vegetativo, constituyendo, al mismo tiempo, la parte aprovechable de la misma. La eliminación de los tallos y hojas a través de cortes o pastoreos en momentos incorrectos afecta, la producción y la persistencia de la alfalfa (Romero *et al*, 1995; Soto y Chahín, 1995; Rebuffo, 2005).

En alfalfas el crecimiento se origina en las yemas ubicadas en la corona, dando origen a tallos de corona, y en yemas axilares de los tallos remanentes, que dan origen a tallos axilares. El rebrote después de un corte, en su mayor parte se origina en las yemas axilares de los tallos remanentes por lo que la remoción de los mismos causa un alargamiento de las yemas de corona, demorando el rebrote y reduciendo el número de tallos. Los tallos de corona aumentan con la madurez, siendo su aporte productivo mayor que el de los tallos axilares (Romero et al, 1995; Soto y Chahín, 1995; Rebuffo, 2005).

La respuesta productiva de una vaca lechera en condiciones de pastoreo es modulada por factores que actúan sobre el consumo (Salcedo, 2002; Romero et al, 1995).

Características de los animales (edad, estado fisiológico, nivel de producción de leche)

- El estado de madurez o estado fenológico del forraje (valor nutritivo)
- El ambiente
- Estructura de la cubierta vegetal (densidad y altura)

El criterio apropiado para determinar el momento oportuno del uso de un alfalfar es su estado de madurez fisiológica. Este está asociado a la aparición de flores o rebrotes de corona. En la floración hay limitaciones, ya que solo nos sirve como indicador en determinadas épocas del año y se produce promedio de 25 a 30 días de crecimiento; las altas temperaturas disminuyen el número de días requeridos para alcanzar la floración y los periodos de sequía provocan también una floración prematura, ya que la planta completa su ciclo floreciendo como respuesta a una situación adversa, sin haber alcanzado el pleno desarrollo. Exceptuando estas dos situaciones, la acumulación de carbohidratos en la raíces está estrechamente asociada con la floración (Romero et al, 1995).

Los rebrotes de corona también son indicadores de madurez fisiológica, sin embargo también hay factores que causan su aparición; ruptura de la dominancia apical, alto contenido de reservas en las raíces, lluvia posterior a un prolongado período de sequía o cuando la corona recibe una cantidad de luz adicional como consecuencia de un vuelco de la parte aérea. Por lo que una combinación de estos indicadores aparece como la decisión más apropiada. (Romero *et al*, 1995).

La altura de corte o pastoreo puede afectar el rendimiento pero no la persistencia de la alfalfa si el mismo se efectúa con la frecuencia adecuada. Altos rendimientos generalmente están asociados con cortes realizados 6 a 10 cm del nivel suelo. Un remanente alto sería necesario con cortes muy frecuentes que no permiten a la planta recuperar las reservas necesarias para iniciar el crecimiento. Las hojas remanentes en un residuo alto pueden ayudar al nuevo crecimiento a través de la fotosíntesis. Cortes frecuentes reducen la cantidad de yemas de corona, por lo que un remanente alto, provee mayor cantidad de sitios para desarrollar yemas axilares. Es más importante tener en cuenta la frecuencia de aprovechamiento para asegurar un adecuado nivel de reservas en raíces que considerar la altura del remanente. Esa frecuencia debería facilitar la acumulación de carbohidratos permitiendo la formación rebrotes de corona y tallos axilares (Romero *et al*, 1995).

Para conseguir una alta cantidad y calidad de forraje, asociado con buena persistencia, debe frecuentarse una defoliación que contemple 35 días entre corte o pastoreo. Para la calidad de forraje, se debe considerar el contenido de proteína y otros parámetros; porcentajes de hoja, tallo, fibra, lignina, digestibilidad y consumo animal. Utilizada en estados inmaduros, la alfalfa produce un forraje de mayor calidad, reduciendo su producción y persistencia, mientras que en estados maduros producen mayor cantidad de forraje, pero de menor calidad, mejorando la persistencia. A medida que avanza la madurez disminuyen la cantidad de proteínas y minerales, aumentando los componentes que reducen la calidad del forraje, como fibra (celulosa y hemicelulosa) y lignina; disminuyendo la digestibilidad del forraje y el consumo animal. (Romero *et al*, 1995).

La recuperación de la alfalfa después del pastoreo difiere de lo que ocurre después del corte. La cosecha mecánica reduce el área foliar de manera drástica e instantánea y esto solo sucede con un pastoreo rotativo muy intenso. En un sistema racional de manejo, en el primer tercio del período de pastoreo, los animales despuntan los tallos, por lo que la defoliación es gradual, las hojas remanentes en el pastoreo tienen una importancia fundamental en la maduración de las yemas de la corona que darán origen al nuevo crecimiento. A pesar que el pastoreo es menos drástico que el corte en lo que a defoliación se refiere, introduce, en cambio, otros factores que pueden afectar el crecimiento de la alfalfa, como la compactación del suelo por el pisoteo de los animales y la defoliación selectiva (Romero *et al*, 1995).

En términos selectivos, el animal realiza una defoliación progresiva de la pradera y el consumo de los horizontes inferiores no ocurre hasta que se ha ingerido el horizonte más expuesto y con mayor contenido de hojas en relación con los demás. A medida que la pradera es defoliada verticalmente, se producen cambios en las dimensiones del bocado (altura y área) ejerciendo un efecto decreciente en el tamaño del mismo (g/bocado), por lo que la tasa de bocados aumenta a través de los horizontes de pastoreo (Mendoza, 2011).

La energía necesaria para iniciar el crecimiento de la alfalfa después de la defoliación y hasta que se genere una adecuada área foliar, proviene de los carbohidratos de reserva o carbohidratos no estructurales (azúcares, almidón y otros compuestos orgánicos), que son almacenados por la planta en las raíces y, en menor proporción, en la corona. Estas reservas son usadas por la planta para producir nuevos crecimientos. Vegetativos. Los períodos de almacenamiento y consumo de los carbohidratos son cíclicos y pueden ser alterados por los distintos sistemas de uso del forraje. Con la iniciación del crecimiento en la primavera o después de cada corte o pastoreo, las reservas son utilizadas para producir un nuevo crecimiento (Romero *et al*, 1995).

Los contenidos de almidón y azúcares disminuyen hasta que la planta alcanza una altura cercana a 20 cm, momento en que la cantidad de carbohidratos fotosintetizados por las hojas alcanzan a satisfacer los requerimientos del nuevo crecimiento. Los excedentes son traslocados hacia la raíz y corona para ser almacenados. Los máximos contenidos se logran cuando la planta alcanza la plena floración. Las altas temperaturas reducen el contenido de carbohidratos en las raíces. Cortes frecuentes en períodos de alta temperatura en variedades sin latencia han sido correlacionados con una disminución de la producción y pérdida de plantas. Por el contrario, las temperaturas bajas y el menor crecimiento que experimenta la alfalfa favorecen la acumulación de reservas (Romero *et al*, 1995).

2.7 Hábitos de pastoreo y los factores que lo afectan

El conocimiento de los hábitos de pastoreo de los bovinos proporciona una herramienta útil para el establecimiento de programas de manejo, tanto de la pradera como de los animales (Bonilla, 2000).

2.7.1 Preferencia por sitio

El concepto de sitio está basado en dos consideraciones: el tipo de terreno influye sobre la distribución del pastoreo de los animales y la accesibilidad, prefiere las tierras bajas y las tierras altas niveladas y tiende a pastorear menos intensamente en las pendientes, lomeríos o áreas inundadas (Bonilla, 2000).

2.7.2 Condición del forraje e intensidad del pastoreo

Los hábitos de pastoreo de los animales son afectados por la condición del forraje, principalmente en lo que se refiere al grado de intensificación del pastoreo de los forrajes (ligero o intenso) y a la disponibilidad del forraje. Los límites para los animales en pastoreo son estabilizados por las características del forraje ofertado y por la cantidad (Kg/Ha^{-1}) de masa foliar presente en cada comida (Bonilla, 2000).

2.7.3 Estado de madurez o estado fenológico de la planta

El proceso de maduración en los forrajes es el principal responsable del valor nutritivo del alimento y consecuentemente impacta en el consumo de materia seca (Bonilla, 2000).

2.7.4 Influencia de la defoliación en el crecimiento y utilización del forraje

El consumo del forraje declina conforme la relación hoja-tallo disminuye; similarmente, la digestibilidad y la masa foliar decrecen al aumentar la madurez. En términos generales, para lograr un alto potencial de producción, las decisiones de manejo necesitan evitar los extremos (sobreutilización o subutilización), ya que una cobertura insuficiente limita el crecimiento y una utilización ineficiente significa desperdicio de forraje (Bonilla, 2000).

2.8 Cantidad, uso y manejo de la oferta forrajera

El conocimiento de los hábitos de pastoreo de los bovinos proporciona una herramienta útil para establecer programas de manejo, en pastizales y en los animales. El ganado en pastoreo reacciona a una gran variedad de estímulos en el proceso de obtención de los alimentos; el ganado no pastorea al azar o uniformemente en un pastizal, si no que selecciona por especies de plantas preferidas y por porciones específicas de plantas individuales (Bonilla, 2000).

La composición del forraje reside en función del estado de madurez y esto refleja su digestibilidad; definida como la fracción de alimento que no es recuperada en las heces, por lo tanto se supone asimilada por el animal. La importancia de la digestibilidad relativa del forraje procede de su influencia en el consumo total del alimento y de su importancia para hallar la cantidad total de nutrientes utilizables, disminuyendo con el estado de madurez, como consecuencia del incremento de pared celular (Fibra Detergente Neutro) y del contenido de lignina (Salcedo, 2002).

Para asegurar altas ingestas de forraje y mayor utilización de nutrientes es necesario ofrecer a las vacas forrajes en el momento adecuado de madurez, lo que lleva consigo que un gran porcentaje de nutrientes sean digeridos. Su disponibilidad es un parámetro complejo que toma en cuenta los aspectos cualitativos y cuantitativos de la pradera y sus interacciones con el animal (McCullough, 1971).

El consumo en pastoreo se incrementa cuando aumenta la altura y/o densidad de la pradera debido a que la cantidad tomada por bocado aumenta, de ésta manera ha sido posible cuantificar la respuesta en el consumo de acuerdo a las características de la pradera (Mendoza, 2011).

2.9 Composición química de los forrajes

2.9.1 Proteína

En los análisis de proteína, influyen todos los componentes nitrogenados de las plantas forrajeras a saber compuestos de nitrógeno no proteico y diferentes clases de proteína, los cuales son conocidos en general como proteína cruda; es considerada como uno de los nutrientes más importantes en la dieta de los animales, puesto que una ligera deficiencia de proteína afecta los procesos fisiológicos del animal. Basados en la composición química de especies forrajeras, varios autores reportan es generalmente baja en forrajes maduros (Salcedo, 2002). El bajo contenido de proteína cruda es importante fisiológicamente, porque representa un factor limitante en la utilización eficiente del forraje, puesto que un abastecimiento deficiente de nitrógeno para los microorganismos del rumen disminuye el grado en que el forraje es digerido y consecuentemente reduce el consumo de materia seca y de energía digestible. Con lo anterior se concluye que la determinación de la PC en forrajes consumidos puede representar un indicador confiable en el valor nutritivo de los forrajes (Gutiérrez, 1991).

2.9.2 Fibra

El contenido de fibra cruda varía con el estado de madurez de la planta, causando una amplia variación en el valor nutritivo de los forrajes. A medida de que la fibra cruda varia, el contenido de materia orgánica aparte de la fibra cruda también varía. A medida de que el contenido de fibra cruda de los forrajes aumenta, el contenido de los componentes más digestibles disminuye. La fracción fibrosa de la planta aumenta (lignina), conforme aumenta el estado de madurez de la planta, conteniendo un alto porcentaje de fibra cruda y haciéndola indigestible (Gutiérrez, 1991; .Salcedo, 2002).

2.9.3 Extracto etéreo

Es la fracción química de las plantas que contiene grasas y compuestos relacionados, los cuales suelen ser fuentes de energía, que en la mayoría de los forrajes, (excepto algunas arbustivas) es muy bajo, y disminuye conforme al estado de madurez de la planta (Gutiérrez, 1991).

2.9.4 Cenizas

Provee una media del total de los minerales que contienen los forrajes, pero no proporciona información acerca de la cantidad de minerales específicos (Gutiérrez, 1991).

2.10 Efecto de la suplementación sobre el consumo y los hábitos de pastoreo

En cualquier caso e independientemente del sistema de producción, la productividad y la calidad de la leche están influenciadas por el consumo de nutrientes, dependiendo del valor nutritivo y de la ingestión de materia seca. El objetivo principal de suplementar a vacas lecheras en pastoreo es aumentar el consumo total de materia seca y energía (Peyraud y Delaby, 2001). Cuando se suplementa con concentrados, ensilados, henos u otros alimentos a vacas en pastoreo se pretende: 1) aumentar la producción de leche por vaca; 2) incrementar la carga y la producción de leche por superficie; 3) mejorar el uso del praderas a través de una mayor carga animal; 4) mantener y mejorar el estado corporal y reproductivo de vacas en épocas de bajo crecimiento de forraje; 5) incrementar el porcentaje y la producción de proteína de la leche mediante el uso de concentrados energéticos y proteicos; 6) mejorar las características medioambientales del rumen para maximizar la eficiencia en la síntesis de proteína microbiana (Salcedo, 2002).

La suplementación con concentrados reduce la ingestión de forraje por efecto de sustitución, siendo menor en oferta de forraje es alta y las respuestas de concentrado en producción de leche disminuyen. Cuando se formulan raciones a vacas lecheras, debe tenerse en cuenta que los factores metabólicos (energía) no prevalezcan sobre los físicos o de llenado (fibra); de esta forma, se consiguen ingestiones y producciones altas. Sabemos, que el pasto es un alimento proteico y para balancearlo deben tenerse en cuenta concentrados energéticos (1.99–2.10 Mcal de ENI/kg MS) con un contenido medio en proteína (13-15 % sobre materia seca). Con esta energía se logra cubrir el déficit de energía del forraje y en segundo, suministrar a los microorganismos ruminales, carbohidratos fácilmente fermentables para su desarrollo, favoreciendo una mayor degradación de fibra y un rápido vaciado ruminal, provocando una mayor ingestión de materia seca (Salcedo, 2002).

Esta llevará a una reducción en la acumulación de nitrógeno amoniacal, incrementándose la síntesis de proteína microbiana de alto contenido de aminoácidos. Aunque no hay que olvidar que altos aportes de carbohidratos ricos en azúcares y almidones deprimen la actividad de los microbios fibrolíticos y provocan acidosis en rumen (descenso brusco de pH) (Salcedo, 2002).

Si el objetivo es aumentar la eficiencia en la producción de leche mediante el aprovechamiento del forraje en pastoreo, conviene llevar a cabo una rigurosa explotación de la pradera; empleo de fertilizantes, uso de especies forrajeras aptas para pastoreo, uso racional de concentrado, forraje para ensilado, agrupación de partos, etc. (Salcedo, 2002). En dietas con alta proporción de forraje y pequeñas cantidades de concentrado, figuran ventajas económicas, debido a su reducido costo. Sin embargo, estas dietas normalmente representan una menor producción de leche, dadas las limitaciones que impone el forraje sobre el consumo de materia seca, la digestibilidad y la tasa de pasaje (Zegarra *et al*, 2002).

Existe un gran número de factores que intervienen para que ocurra un determinado consumo voluntario de alimento por parte de la vaca en producción a través de las diferentes etapas de lactancia, de entre los cuales, existen aquellos factores relacionados con el animal y aquellos relacionados con el alimento, así como situaciones de interacción, ya sea positiva o negativa (Bonilla, 2000).

La disponibilidad de forraje en consumo voluntario del ganado no es el más adecuado cuando la disponibilidad es baja, y aunque el animal en un intento por compensar esta carencia, aumenta el tiempo dedicado al pastoreo; llegará a un punto en que la disponibilidad limita el consumo. En general, el consumo se incrementa al aumentar la digestibilidad, pero la altura del pasto, la biomasa y la densidad del forraje afectan significativamente el comportamiento y el consumo, el cual es afectado también por factores tales como la producción de leche y el peso vivo del animal (Bonilla, 2000).

El valor nutritivo de la dieta está determinado por la concentración de energía, de proteína, de minerales, de vitaminas y por la cantidad de agua presente, así, el rendimiento de leche de un animal en lactación dependerá del consumo de nutrimentos y de la eficiencia de conversión de estos; para que un forraje sea de una gran calidad deberá presentar valores altos de: consumo, digestibilidad, y eficiencia de utilización. La digestibilidad provee usualmente un índice bastante confiable de valor nutritivo, puesto que los alimentos más digestibles, son normalmente consumidos en mayor cantidad que los alimentos menos digestibles (Bonilla, 2000).

El comportamiento alimenticio de los rumiantes ha sido claramente caracterizado como selectivo, con una fuerte preferencia por hojas verdes en contraste con tallos y tejidos muertos. Como consecuencia, la morfología de la planta altera la dieta seleccionada. En general, a medida que aumenta la madurez del forraje aumenta el tiempo dedicado a rumiar y disminuye el dedicado a pastorear. El consumo del forraje declina conforme la relación hoja:tallo disminuye, similarmente, la digestibilidad y la masa foliar decrecen al aumentar la madurez. En términos generales, para lograr un alto potencial de producción, las decisiones de manejo necesitan evitar los extremos (sobreutilización o subutilización), ya que una cobertura insuficiente limita el crecimiento y una utilización ineficiente significa desperdicio de forraje (Bonilla, 2000).

La suplementación con alimentos balanceados, presenta 3 tipos de relaciones con el consumo de forraje: *de tipo aditivo*; que ocurren cuando existe mayor demanda que oferta de forraje, el suplemento incrementa la productividad al llenar los vacíos alimenticios por falta de pasto. *Las relaciones sustitutivas*; se presentan cuando al incluir un suplemento aumenta el consumo total de materia seca, pero el incremento es menor a la cantidad de suplemento ingerido debido al desplazamiento de la cantidad de pasto que consumiría el animal en ausencia del suplemento (Mendoza, 2011).

Las relaciones aditivo-sustitutivas se describen cuando la demanda excede la oferta, pero algunos nutrientes del suplemento hacen que se desplace el consumo de forraje. Éste último fenómeno ocurre generalmente cuando la calidad del suplemento es mucho mayor que la del forraje ofertado (Mendoza, 2011).

El contenido de agua del forraje en el pastoreo ejerce un factor anticonsumo, deprimiéndose el consumo voluntario de materia seca; por lo tanto, el objetivo será ofrecer forraje cuya materia seca contenga la mayor concentración de nutrientes, que sólo será posible con pasto joven de alta digestibilidad. (Salcedo, 2002).

2.11 La leche

La leche se define como la secreción natural de las glándulas mamarias de los mamíferos destinada como alimento para sus crías. Entre las especies domésticas existen algunas especializadas en la producción de leche para consumo humano (CANILEC, 2011; Vázquez et al, 2013).

La calidad se define como “un proceso de mejoramiento continuo donde todas las áreas de la empresa, institución, etc. participan activamente en el desarrollo de productos y servicios que satisfagan las necesidades del cliente, logrando con ello mayor productividad”, siendo una leche de calidad aquella que posee una composición (grasa, proteína, lactosa, vitaminas y minerales) de excelencia, que presenta bajos recuentos microbianos (higiénica), libre de patógenos, sin contaminantes fisicoquímicos y con adecuada capacidad para ser procesada, siendo “aquel producto que cumple constantemente las necesidades del consumidor” (Fernández *et al*, 2010; CANILEC, 2011).

2.12 Lactopoyesis

La lactopoyesis o formación de leche es un proceso con una intensa demanda energética y nutrimental, y por ello la ubre requiere que una gran cantidad de nutrimentos lleguen a ella a través de la sangre. Además, la sangre lleva las hormonas naturalmente sintetizadas por la vaca que controlan el desarrollo de la ubre, la síntesis de leche, y la regeneración de células secretoras entre lactancias; durante el período de seca (CANILEC, 2011)

La formación de leche es un proceso continuo que involucra muchas reacciones bioquímicas. La glucosa es, por excelencia, la fuente de energía para las células secretoras, aunque en el proceso de la lactogénesis también participa en la síntesis de la galactosa –indispensable para la síntesis de lactosa- y como fuente del glicerol, necesario para la síntesis de grasa. La síntesis de lactosa es controlada por una enzima de dos unidades llamada lactosa sintetasa. La subunidad α -lactoalbúmina se encuentra en la leche como proteína del suero de leche. Las proteínas son sintetizadas a partir de aminoácidos en los ribosomas que se encuentran adheridos al retículo endoplásmico de la célula. Las proteínas sintetizadas están contenidas en vacuolas (vesículas lisas), que emigran hacia el ápice de la célula secretora, en donde las vacuolas se abren para liberar las proteínas (CANILEC, 2011).

El acetato y el butirato son dos ácidos grasos de cadena corta producidos en el rumen que son utilizados, en parte, como unidades de construcción de los otros ácidos grasos de cadena corta (ácido caprónico y caprílico, de 6 y 8 carbonos), que se encuentran en la leche. Cerca del 17-45 % de la grasa de la leche se forma del acetato y cerca del 8-25 % del butirato. La composición de la dieta posee una influencia importante en la concentración de grasa de la leche; particularmente, la falta de fibra en la alimentación de la vaca bloquea la formación de acetato, lo que a su vez resulta en una reducción del contenido de grasa en la leche de 2-2.5 % (CANILEC, 2011).

2.13 Propiedades fisicoquímicas de la leche

Cuadro 1. Parámetros de la NMX-F 700-COFOCALEC, 2004 (NMX-F-700-COFOCALEC-2004; Martínez et al, 2011)

Parámetro	NMX-F 700- COFOCALEC, 2004	México Calidad Suprema, 2007
<hr/>		
% Grasa butírica		
Clase A	≥3.2	
Clase B	3.10 a 3.19	≥ 3.2
Clase C	3.00 a 3.09	
% Proteínas totales		
A	≥3.1	≥3.1
B	3.0 a 3.09	
C	2.80 a 2.99	
% Sólidos no grasos	8.3 mínimo	
<hr/>		

2.14 Componentes químicos de la leche

2.14.1 Lípidos

La leche contiene principalmente ácidos grasos saturados de cadena larga, que representan la mayoría, mientras que porcentaje restante corresponde a ácidos grasos monoinsaturados de cadena corta y media. Los ácidos grasos de cadena corta y media se pueden absorber rápidamente. Una de las principales preocupaciones acerca de los lípidos contenidos en leche, es el efecto que estos puedan tener sobre la salud, en especial la posibilidad de incrementar los niveles de colesterol en sangre. Si bien, el consumo de únicamente crema, o la fracción lipídica también llamada grasa de la leche, puede resultar en un incremento en el nivel de colesterol, el consumo de leche entera puede llevar a una reducción de estos niveles. Esto ocurre gracias a la presencia de ciertos ácidos grasos, como los esfingolípidos, que además ejercen otras propiedades benéficas a la salud. Aunado a lo anterior, la grasa de la leche es útil para el transporte de diversas vitaminas liposolubles como la A y E, así como colecalciferol (Vázquez *et al*, 2013).

Los lípidos constituyen desde el 3.5 hasta el 6.0 % de la leche, variando entre razas de vacas y con las prácticas de alimentación; para la raza Holstein 3.64 % y Jersey 4.64 % (CANILEC, 2011). Una ración demasiado rica en concentrados que no estimula la rumia en la vaca puede resultar en una caída en el porcentaje de grasa de 2.0 a 2.5 % (Fernández *et al*, 2010).

2.14.2 Sólidos no grasos

Los sólidos no grasos en la leche se refieren a los elementos como proteínas, lactosa, vitaminas y minerales, con excepción del contenido de agua y de lípidos (Fernández *et al*, 2010).

2.14.3 Proteínas

La fracción de proteínas de la leche está integrada principalmente por caseínas en sus diferentes conformaciones, esto casi en un 80 %, mientras que el 20 % restante son proteínas de suero. Las proteínas de la leche son conocidas por sus propiedades nutricionales, funcionales y de actividad biológica, en especial ciertos péptidos (pequeños fragmentos de proteínas) y las proteínas que conforman el suero de la leche. (Vázquez *et al*, 2013).

La concentración de proteína en la leche varía de 3.0 a 4.0 % (30-40 gramos por litro); para la raza Holstein 3.16 % y Jersey 3.73 % (CANILEC, 2011). El porcentaje varía con la raza de la vaca y en relación con la cantidad de grasa en la leche. Existe una estrecha relación entre la cantidad de grasa y la cantidad de proteína en la leche; cuanto mayor es la cantidad de grasa, mayor es la cantidad de proteína. (Fernández *et al*, 2010).

2.14.3.1 Caseína

Se encuentra dispersa como un gran número de partículas sólidas, tan pequeñas que no sedimentan, y permanecen en suspensión. Estas partículas son llamadas micelas y la dispersión de las mismas en la leche se denomina suspensión coloidal (Fernández *et al*, 2010). Incrementa la absorción de calcio y fósforo, además presentan actividades opioides, antihipertensivas, antitrombóticas, inmunomoduladoras y acarreadores de metales cuando es hidrolizada en péptidos bioactivos (CANILEC, 2011; Vázquez *et al*, 2013)

El suero de leche, constituye el 20 % de proteínas de las proteínas totales, entre ellas unas de suma importancia, como:

2.14.3.2 Lactoferrina y beta lactoglobulina

Generan actividad antimicrobiana y antitrombótica que inducen a la absorción de calcio, también es importante su función intestinal y en el proceso de digestión. Esta serie de reacciones generan que se reduzca el riesgo de padecer osteoporosis, hipertensión, caries dentales y algunos tipos de cáncer (Vázquez *et al*, 2013).

2.14.4 Glucomacropéptidos

Encargados de la inmunomodulación, conjunto de reacciones por medio de las cuales el organismo se protege de microorganismos o parásitos causantes de enfermedades (Vázquez *et al*, 2013).

Albúmina de suero bovino: Puede actuar como acarreador o ligando diversos compuestos orgánicos y moléculas, como ácidos grasos, proteínas o drogas, por mencionar algunos (Vázquez *et al*, 2013).

2.14.5 Lisozima

Tiene un efecto antimicrobial, antiinflamatorio, antihistamínico, antitumoral (Vázquez *et al*, 2013).

2.14.6 Carbohidratos

La lactosa es el principal carbohidrato presente en la leche. La concentración de lactosa en la leche es relativamente constante y promedia alrededor de 4.8-5.2 %. (Fernández *et al*, 2010).

El cual está compuesto de glucosa y galactosa, contribuye con 25 % de la energía total que puede aportar este alimento. Debido a que es un disacárido, su digestión es más lenta, lo que permite que quienes consumen este carbohidrato tengan una sensación de saciedad más prolongada. La lactosa juega un papel considerable en la absorción del calcio y los aminoácidos del intestino (CANILEC, 2011; Vázquez *et al*, 2013).

2.14.7 Vitaminas y minerales

La leche contiene una gran variedad de vitaminas. Además también posee un alto contenido de triptófano, aminoácido que forma parte de la niacina, y aporta a la tiamina, piridoxina y ácido fólico en menores cantidades. En cuanto a los minerales, la leche tiene un alto contenido de calcio, cuya absorción se favorece gracias a la presencia de lactosa, colecalciferol (vitamina D) y una óptima proporción de calcio/fosforo, lo que facilita su biodisponibilidad. En general, la leche y los productos lácteos pueden aportar hasta un 75 % del calcio total que se debe consumir en la dieta. La digestibilidad del calcio es alta también gracias a la presencia de caseína, por lo que esto favorece el crecimiento de huesos y el mantenimiento de una buena integridad ósea en adultos. La leche también aporta otros minerales en cantidades importantes como fósforo, magnesio, zinc (CANILEC, 2011; Vázquez *et al*, 2013).

2.15 Características sensoriales de la leche

2.15.1 Aspecto

La leche fresca es de color blanco nacarado, presenta una cierta coloración crema cuando es muy rica en grasa. La descremada o muy pobre en contenido graso presenta un blanco con ligero tono azulado (Vázquez *et al*, 2013).

2.15.2 Olor

La leche fresca, no tiene un olor característico; pero adquiere con mucha facilidad el aroma de los recipientes en los que se la guarda. Una pequeña acidificación ya le da un olor especial, al igual que ciertos contaminantes (Vázquez *et al*, 2013).

2.15.3 Sabor

La leche fresca tiene un sabor ligeramente dulce, dado su contenido de lactosa. Por contacto, puede adquirir fácilmente el sabor de hierbas (Vázquez *et al*, 2013).

2.15.4 Color

La leche de vaca tiene una tonalidad de color blanco a amarillento, por su contenido de carotenos; (Zegarra *et al*, 2002) y a la reflexión de la luz sobre las partículas en suspensión (micelas de caseínas, glóbulos grasos fosfatos y citratos de calcio). La materia grasa de la leche contiene pigmentos amarillos que enmascaran a su color azul; el contenido de la leche en carotenos y xantofilas varía con la alimentación y la raza de la vaca (Vázquez *et al*, 2013).

2.16 Factores que influyen en la composición de la leche

2.16.1 Especie y raza

La composición de la leche varía ampliamente debido a diferencias genéticas entre las especies lecheras y entre las razas de una misma especie (CANILEC, 2011).

2.16.2 Alimentación

En la alimentación si reduce la cantidad de concentrados, disminuye la producción de leche y aumenta el porcentaje de sólidos, pero no hay gran disminución de grasas. Si hay una baja disponibilidad de forraje verde en la alimentación, se tendrá un descenso en el % de grasa, debido a que la fermentación en el rumen no es la adecuada, pues disminuye la formación de ácido acético y otros ácidos que son los principales formadores de ácidos grasos (Fernández *et al*, 2010)

Cuadro 2. Factores nutricionales que influyen en la composición de la leche (CANILEC, 2011).

Factor dietético	% grasa	% proteína
Incremento en el consumo de alimento	Incremento	Incremento
Incremento en la frecuencia de alimentación	Incremento	Incremento ligero
Dieta baja en Energía	Disminución	Disminución
Abundante consumo de hidratos de carbono no estructurales (>45%)	Disminución	Incremento
Consumo normal de hidratos de carbono no estructurales (34-40%)	Incremento	Sin cambios
Consumo excesivo de fibra	Incremento ligero	Disminución
Bajo consumo de fibra (<26% fibra neutro detergente)	Disminución	Incremento
Pequeño tamaño de partícula de la dieta	Disminución	Incremento
Alto contenido de proteína cruda	Sin efecto	Incremento ligero si la dieta es deficiente
Bajo contenido de proteína cruda	Sin efecto	Disminución si la dieta es deficiente
Proteína no degradable en el rumen (UIP 34-38%)	Sin efecto	Incremento ligero si la dieta es deficiente

2.17 Alimentación de vaca lechera de alta producción

La alimentación y manejo de las vacas lecheras de alta producción es un desafío en cualquier área del mundo, independientemente del tipo de alimento o instalaciones disponibles. Las vacas de alta producción pueden variar la producción de leche de un área a otra. Algunas razas producen más leche que otras y, en cada raza, hay animales más productivos que otros. Una vaca de alta producción es aquella que en los primeros seis meses de lactancia producen más de 11, 364 kg de leche (Fernández *et al*, 2010)

2.17.1 Periodo de lactancia

La producción y composición varía en el curso de la lactancia. Algunas vacas tienen una producción máxima entre el primer y el tercer mes, para luego caer pronunciadamente; mientras que otros vacunos mantienen más uniformemente su producción durante la lactancia. Además, la cantidad de leche producida por una vaca va creciendo, en general, de la primera a la sexta lactación; para luego empezar a disminuir a partir de la séptima y caer bruscamente después de la undécima lactación (Fernández *et al*, 2010).

2.17.2 Curva de lactancia

La curva de la lactancia se divide en tres partes: La primera parte se caracteriza por el incremento en la producción, debido a la mayor actividad del epitelio alveolar, hasta alcanzar un PICO alrededor de la séptima semana del postparto (Fernández *et al*, 2010).

La segunda parte consiste en una declinación de la curva a partir del pico, que es conocida como PERSISTENCIA. Hacia el final de la lactancia de vacas adultas, la caída es de 10 a 14 %, mientras que en las de 1er. parto es de sólo 6 a 8%; lo que hace más difícil la recuperación de las reservas corporales a las vacas en el primer parto. La curva es afectada por factores genéticos y medioambientales, como alimentación, ordeño, confort, peso corporal, edad, gestación y estación (Fernández *et al*, 2010).

La tercera parte consiste en la TERMINACIÓN de la lactancia mediante el secad. Tradicionalmente, el período de seca ha sido de 60 días; pero, recientemente, se ha cuestionado que este tiempo sea necesario. Por lo que, la tendencia actual es a acortar el período de seca a 45 y aún 30 días en el caso de vacas adultas, pero manteniendo un período de seca entre 50 a 60 días para las vacas de 1er. Parto (Fernández *et al*, 2010).

3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

3.1 Objetivo General

El Objetivo general de este trabajo fue evaluar la producción y calidad de leche de vacas a diferentes asignaciones de materia seca con base en su peso vivo, bajo condiciones de pastoreo en praderas irrigadas (gramíneas-leguminosa), con una complementación alimenticia fija a base de heno de alfalfa. Evaluando la cantidad de forraje disponible en pastoreo y ofertando materia seca a cada tratamiento una asignación de acuerdo al peso vivo, midiendo diariamente la producción láctea, así como la calidad de la misma con muestreos de leche para evaluar su composición química.

3.2 Objetivo específico

El objetivo específico de este estudio fue: estimar el rendimiento de Materia Seca (MS) por predio y franja, para ofertar la biomasa correspondiente al tratamiento, estimando el forraje residual después del pastoreo para evaluar con ello la composición química de la leche y su producción. .

3.3 Hipótesis

La cantidad y calidad de leche aumentan a medida que se incrementa la asignación de materia seca a vacas en pastoreo con complementación fija de heno de alfalfa. De igual manera al aumentar el consumo de materia seca ofertado, se incrementara el consumo de forraje.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Localización y duración

El presente trabajo se realizó del 15 de enero al 10 de abril de 2013 en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Animal en Altiplano (CEIEPAA) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, localizado en el Km. 8.5 de la Carretera Federal Tequisquiapan a Ezequiel Montes. Municipio de Tequisquiapan, Querétaro.

4.2 Clima

La ubicación geográfica es de 20° 36'13.88" latitud norte, y 99° 55'02.91" longitud oeste a una altura de 1913 msnm. Con un régimen de temperatura isotérmico, con un promedio anual de 17.5° C y una precipitación promedio anual de 388.42 mm, con lluvias en los meses de junio a octubre. Los meses de más fríos son de noviembre a enero. El tipo de suelo predominante corresponde al tropústico arídico y tropústico údico.

4.3 Animales

Se utilizaron 60 vacas de las razas holstein fresian, jersey y sus cruzas, con un promedio de días en lactancia al inicio del experimento con 220 y al finalizar de 305 ± 182, lactaciones 3 ± 2, peso vivo promedio de 505 ± 71 y una condición corporal de 2.5 ± 0.16.

4.4 Alimentación

Las vacas fueron alimentadas en una pradera de alfalfa (*Medicago sativa*), orchard (*Dactylis glomerata*), rye Grass (*Lolium perenne*) y pasto bromus (*Bromus catarthicus*), con una superficie de 9.8 ha, utilizando cerco eléctrico móvil para las asignaciones de forraje, bajo un sistema de pastoreo intensivo rotacional en franjas. Después de cada ordeño las vacas recibieron una complementación de manera fija de heno de alfalfa y concentrado (solo de mañana); 1.5 % del PV/vaca. Siendo de heno un 1.22 % PV/vaca/día/, dividido y ofrecido después de las dos ordeñas y alimento balanceado 0.28 % PV/vaca/día, solo por la mañana. Durante toda la fase experimental las vacas tuvieron agua limpia y mezcla mineral a libre acceso.

4.5 Ordeño

Se realizaron dos ordeños (matutino, 06:00 am y vespertino 15:00 h) con ordeñadora mecánica tipo carrusel (Westfalia®), con capacidad para 16 plazas.

4.6 Tratamientos

Al inicio del experimento las vacas se identificaron y pesaron, se formaron al azar tres grupos de 20 vacas, con base en el promedio del peso vivo por grupo se realizó el cálculo para determinar el consumo de materia seca. Se plantearon tres tratamientos: T1: 2% MS/PV/vaca/día en pastoreo; T2: 3% MS/PV/vaca/día en pastoreo; T3: 4% MS/PV/vaca/día en pastoreo

4.7 Estimación de la cantidad de materia seca presente

Para la estimación de Forraje Presente Antes del Pastoreo (FPAP) se realizó un muestreo de la pradera, de cada franja con cuadrante de 50 x 50 cm, lanzándolo 15 veces por franja en forma aleatoria, cortando a ras de suelo y colectando en bolsas de papel de manera individual, las cuales se pesaron en fresco, para posteriormente mezclar y homogenizar obteniendo una muestra representativa, la cual se metió por 48 horas a una estufa de aire forzado a 65 °C. Terminadas las 48 horas se pesó el forraje seco, con ello se estimó materia seca presente, extrapolando el resultado para obtener el rendimiento de MS por franja y por predio.

4.8 Estimación de la cantidad de materia seca residual en pradera

Para la estimación de Forraje Presente Después del Pastoreo (FPDP) se realizó un muestreo de la pradera con cuadrante de 50 x 50 cm, inmediatamente a la salida de los animales de la franja, se tomaron 15 muestras de forraje por franja en forma aleatoria, cortando a ras de suelo y colectando en bolsas de papel de manera individual, las cuales se pesaron en fresco, para posteriormente mezclar y homogenizar obteniendo una muestra representativa, la cual se metió por 48 horas a una estufa de aire forzado a 65 °C. Terminadas las 48 horas se pesó el forraje seco, con ello se estimó de materia seca presente, extrapolando el resultado para obtener el forraje residual por franja y por predio.

4.9 Composición botánica del forraje antes del pastoreo (AP) y después del pastoreo (DP)

La composición botánica, se realizó obteniendo una muestra representativa de las muestras que se colectaron para obtener el FPDP y FPAP, respectivamente, determinando por separación manual; donde se dividió por especies forrajeras, malezas y subdividiendo las partes de la alfalfa en hojas y tallos.

4.10 Composición química del forraje

Para conocer los nutrientes contenidos en la pradera, pacas y concentrado, se enviaron muestras representativas al Laboratorio de Bromatología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la FMVZ-UNAM donde se molieron con criba de 1 mm en un molino Wiley. El contenido de materia orgánica (MO) se determinó sometiendo a las muestras molidas a una incineración durante 2 h a 600 °C en una mufla.

Se utilizó el método Kjeldahl para determinar contenido de nitrógeno, el cual se multiplicó por el factor 6.25 para obtener el valor de proteína cruda (PC), esto se realizó 4 veces, considerando a cada muestra como una repetición.

4.11 Estimación de la producción y composición de la leche.

Durante toda la fase experimental se midió diariamente la producción láctea por vaca en cada una de los ordeños (matutino y vespertino). Se realizaron 3 muestreos durante la investigación en los días 1, 45 y 85. De cada vaca se tomó dos muestras de leche con vasos separadores una en el ordeño matutino y otra en el vespertino. Las muestras colectadas se enviaron a la Unidad de Servicio de Diagnóstico y Constatación (USEDICO) del CEIEPAA para su análisis en el aparato ©Foss Milkoscan Minor, donde se determinó grasa, proteína, lactosa y sólidos no grasos.

4.12 Diseño Experimental

Los datos fueron procesados y analizados con el paquete estadístico SAS (SAS, 2004), de acuerdo al modelo para un diseño completamente al azar utilizando los días en leche como covariable:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta (X_{ij} - X_{..}) + E_{ij}$$

Y_{ij} = Variable de respuesta (Consumo de materia seca, producción de leche).

μ = Media general

τ_i = Efecto de la i -ésimo tratamiento ($i= 1, 2, 3$)

β = Coeficiente de regresión

X_{ij} = Variable independiente o covariable

$X_{..}$ = Media general de la covariable (días en leche)

E_{ij} = Error experimental

Se realizó una prueba de comparación de medias por el procedimiento de Tukey. (Steel *et al*, 1997)

Para el análisis de producción y calidad de forraje, calidad de leche los datos fueron analizados por un diseño completamente al azar SAS (SAS, 2004).

El modelo fue el siguiente:

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

Dónde:

Y_{ij} = Variable de respuesta (producción de materia seca, composición botánica y morfológica, calidad nutritiva de la pradera; grasa, proteína, lactosa y sólidos no grasos en leche)

μ = Media general

τ_i = Efecto de la i -ésimo tratamiento ($i= 1, 2, 3$)

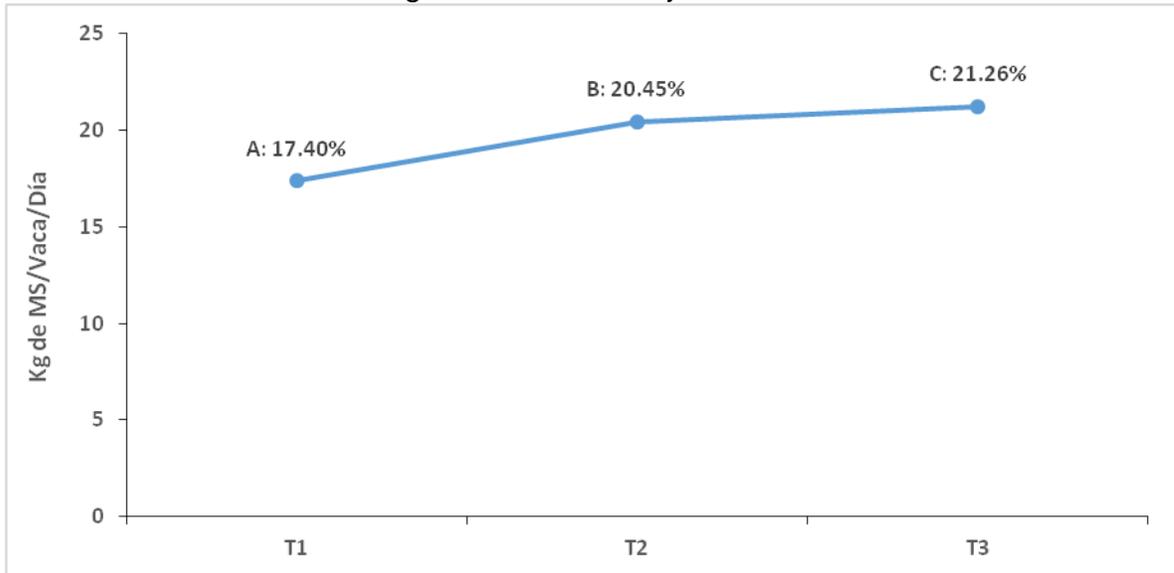
E_{ij} = Error experimental: $E_{ij} \sim NI (0,0^2)$

Se realizó una prueba de comparación de medias por el procedimiento de Tukey ($p \leq 0.05$) (Steel *et al*, 1997)

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observó diferencia significativa ($p < 0.05$) en el consumo de materia seca promedio entre tratamientos (Fig. 1), estos resultados indican que entre mayor es la oferta de forraje, mayor será el consumo individual. Álvarez *et al*, (2006) refiere que la oferta de forraje afecta significativamente ($p < 0.05$) su consumo, una alta oferta de forraje permite alcanzar mayores niveles de consumo y altos niveles de producción individual, pero la menor carga animal/superficie disminuye la eficiencia de aprovechamiento del forraje.

Figura 1. Consumo de materia seca promedio (kg de MS/vaca/día) de vacas alimentadas a diferentes asignaciones de forraje



a,b medias con distinta literal son diferente ($p < 0.05$)

EEM: Error estándar de la media 0.0983

En un trabajo de investigación realizado por Álvarez *et al* (2006) evaluaron 4 diferentes asignaciones de forraje: T1: 7.4%; T2: 6.4%; T3: 4.8% y T4: 3.2% de MS con base en el PV/animal, observaron consumos de 17.5, 13.9, 13.0 y 11.5 kg de MS/vaca/día respectivamente. Señalan que a mayor oferta, mayor es el consumo de la biomasa disponible.

Esto se puede determinar por una alta tasa de pasaje de las partículas de menor tamaño (hojas y tallos delgados), Van Soest (1994) y Allison (1985) citados por Mejía (2002) menciona que la fracción de forraje fermentable rápidamente no ocupa espacio en el retículo-rumen por periodos largos de tiempo dependiendo de las paredes estructurales del forraje, teniendo un tránsito por el rumen de mayor velocidad.

La interrelación entre la pastura y el rumiante es un proceso dinámico y de doble vía; siendo los aspectos físico-químicos y morfo-fisiológicos del forraje, y las características de estructura (densidad y altura) de las praderas, quienes influyen el material que el animal ingiere. El consumo voluntario de forraje en un ensayo realizado por Mendoza (2011), estuvo entre 7.7 y 14.4 Kg Ms/Vaca/día ($p < 0.01$), donde a medida que aumenta la oferta de forraje el consumo se incrementa. La oferta tuvo una relación con la eficiencia de uso de la pradera ($p < 0.05$), observándose que en escenarios de restricción alimenticia los animales hacen una defoliación más agresiva sobre la pastura (mayor presión de pastoreo), contrario a cuando se dispone de una mayor oferta de forraje.

No hubo diferencia significativa ($p > 0.05$), en la producción de leche ($L/vaca/día^{-1}$) (Cuadro 3), esto puede ser resultado de los días en leche que se encuentran en el último tercio de lactación; siendo de mayor importancia los primeros 100 días de lactancia, período en el cual la vaca produce el 45 % de la leche total en la lactancia completa, Vélez (2013).

Cuadro 3. Producción de leche de vaca a diferentes asignaciones de materia seca, ajustadas a días en leche.

Tratamiento	Producción de leche (L/vaca/día ⁻¹)	EEM
T1	17.066a	0.6305
T2	16.309a	0.6260
T3	16.943a	0.6285

a, b medias con distinta literal dentro de columna es diferente ($p < 0.05$)
EEM: Error estándar de la media

Los días en leche es un factor por el cual se esperarían diferentes resultados en una lactancia temprana, donde se desarrollaría de manera exponencial una mayor producción láctea asociada a la alimentación. Álvarez *et al* (2006) refieren que la oferta de forraje afecta significativamente ($p < 0.05$) la producción individual y la producción por hectárea; con una oferta de forraje alta, 7.4 % MS/PV del animal, tiene una producción media de 25.3 L/vaca/día⁻¹ y una oferta entre 3.2 a 6.4% MS/PV del animal, se tiene un promedio de 22.7 L/vaca/día⁻¹, presentando mayor significancia la oferta forrajera más alta. Los animales respondieron a la mayor oferta forrajera por encontrarse al inicio de la lactación 97 ± 18 días en leche y tener una buena asociación de forrajes en el área de, Arriaga *et al* (1999).

Una alta oferta de forraje permite aumentar la producción individual, pero afecta la productividad por unidad de superficie, Vicentin *et al* (2013). De igual manera estos autores reportan resultados similares al consumir 20.15 Kg de MS/animal/día, con una producción de 22.4 L/vaca/día, refiriendo una respuesta positiva en la producción por vacas en el segundo tercio de la lactación, 190 días en lactación.

No se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$) para el % de MS en el forraje de la pradera (Cuadro 4), debido a que los muestreos de la pradera y el pastoreo se iniciaban cuando se observaba un 10% de floración en la planta, dado que un aprovechamiento del forraje, concentración de nutrientes y persistencia del follaje se obtiene cuando se corta al alcanzar un 10% de floración, Soto (1995) y Rebuffo (2005).

Para el % de PC en la pradera podemos encontrar una diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) entre T1 y T2 comparados con el T3 que tuvo el valor más bajo (18.96%), lo que puede corresponder a que en su composición botánica presenté; una mayor cantidad de malezas, que harán disminuir este nutriente al realizar los análisis químicos.

Cuadro 4. Calidad nutritiva de praderas mixtas utilizadas en la alimentación de vacas a diferentes asignaciones de forraje

Variable	Tratamientos			EEM	Pr < F
	T1	T2	T3		
MS (%)	24.45 a	25.83a	22.33a	1.4787	0.2510
PC (%)	23.12 a	20.76a	18.96b	3.3016	0.0002
FC (%)	25.03a	28.18a	24.30a	1.9071	0.2914
CEN (%)	12.67 a	11.35b	11.14b	0.2626	0.0017
TND (%)	55.97b	63.55a	66.23a	1.2997	0.0001

a,b medias con distinta literal dentro de hilera es diferente ($p < 0.05$)

EEM: Error estándar de la media

Para el % FC no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos, al igual que en la MS el estado vegetativo al momento del muestreo fue muy similar. Se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) para el % de Cenizas, T2 y T3 presentaron valores inferiores comparados con el T1 (12.67%), lo cual puede deberse a factores de contaminación con suelo al momento de la muestra o con la madurez de las plantas. El % de TND de T2 y T3 presentan diferencia significativa ($p < 0.05$) comparados con el T1 que presenta el valor más bajo (55.97%), puede deberse al haberse observado mayor presencia de Gramíneas al realizar el muestreo.

Para la cantidad de forraje presente antes del pastoreo (FPAP) ($\text{Kg MS}/\text{Ha}^{-1}$) y la composición botánica de la pradera (alfalfa; hojas y tallos; gramíneas y malezas) antes del pastoreo no se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 5). Mientras que el forraje presente después del pastoreo (FPDP) ($\text{Kg MS}/\text{Ha}^{-1}$) hubo diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$), relacionándolo con el Cuadro 2 de consumo de materia seca total, se observa que el forraje residual va en aumento. Al aumentar la oferta de forraje, se incrementa el porcentaje de pastura rechazada ($950.08 \text{ kg de MS}/\text{Ha}^{-1}$) en el T3 y el porcentaje de material senescente, lo que afecta la calidad de pastura en las próximas rotaciones de pastoreo, Piña (2010)

Cuadro 5. Producción y composición botánica y morfológica del forraje ofrecido a vacas lecheras a diferentes asignaciones de forraje.

Variable	Tratamientos			EEM	Pr < F
	T1	T2	T3		
FPAP (Kg de MS/Ha ⁻¹)	2888.7a	2870.6a	3032.7a	292.43	0.9143
FPDP(Kg de MS/Ha ⁻¹)	166.18c	399.98b	950.08a	46.54	0.0001
% Uso de forraje	94.24	86.06	68.67		
Cantidad de Alfalfa Hojas AP (Kg de MS/Ha ⁻¹)	1480.8a	1573.9a	1600.8a	194.21	0.9090
Cantidad de Alfalfa tallos AP(Kg de MS/Ha ⁻¹)	1226.7a	1223.0a	1157.7a	150.48	0.9270
Cantidad de gramíneas AP (Kg de MS/Ha ⁻¹)	166.22a	135.7a	59.6a	117.73	0.8234
Cantidad de malezas AP (Kg de MS/Ha ⁻¹)	15.0a	3.4a	149.3a	74.60	0.3405
Cantidad de Alfalfa hojas DP (Kg de MS/Ha ⁻¹)	25.38b	49.41b	267.55a	12.66	0.0001
Cantidad de Alfalfa tallos DP (Kg de MS/Ha ⁻¹)	138.21c	342.51b	579.36a	38.86	0.0001
Cantidad de gramíneas DP (Kg de MS/Ha ⁻¹)	1.87c	8.07b	103.18a	38.99	0.0001

a;b, medias con distinta literal dentro de hilera es diferente (p<0.05)

EEM. Error estándar de la media

AP: Antes del pastoreo

DP: Después del pastoreo

En la composición botánica después del pastoreo se ve aumentada la cantidad alfalfa y gramíneas, conforme aumenta la biomasa ofertada, con diferencias significativas (p<0.05), la cantidad de hojas y tallos es mayor en T3 (267.55 kg de MS/Ha⁻¹), la proporción de hojas presentes al momento del pastoreo no es representativa de la producción total de forraje, pero determinante en los hábitos de selección de los propios rumiantes en pastoreo, se ha observado que los animales prefieren consumir dicha fracción, Mendoza (2015). De igual manera hubo diferencias significativas (p<0.05) en la cantidad de tallos presente después del pastoreo, por el aumento en la oferta de forraje, la fracción de tallos es consumida en menor proporción por un aumento en la selección. Se observaron diferencias significativas (p<0.05) en la cantidad de gramíneas presentes después del pastoreo, esto es atribuible al efecto del tratamiento, encontrándose en el T3 la mayor cantidad de estas (103.18 kg de MS/Ha⁻¹), al haber mayor oferta de forraje mayor cantidad de forraje rechazado.

Calidad de leche

El % de grasa en leche para el ordeño matutino presentó diferencia estadística ($p < 0.05$) observándose la mayor cantidad de grasa en el T3 (4.84%) (Cuadro 6). Para el ordeño vespertino también se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$), registrándose el menor valor para el tratamiento T3 con mayor asignación de forraje (4.26%); donde este cambio se refleja en un vaciado a fondo en la ordeña matutina.

Cuadro 6. Porcentaje (%) de grasa en leche de vaca a diferentes asignaciones de materia seca en pastoreo en dos ordeños, ajustada a días en leche.

Tratamiento	AM		PM	
	% Grasa	EEM	% Grasa	EEM
T1	4.08a	0.1365	4.95a	0.1355
T2	4.29a	0.1356	4.85a	0.1346
T3	4.84b	0.1361	4.26b	0.1351

a;b, medias con distinta literal dentro de columna es diferente ($p < 0.05$)

EEM. Error estándar de la media

AM: ordeño matutino

PM: ordeño vespertino

El contenido de grasa en leche aumenta con el tiempo después del ordeño. Considerando los intervalos entre ordeños, el intervalo más corto es donde el contenido graso será siempre mayor, Hazard (1997). Para los tratamientos T1 y T2; se observa un incremento mayor en el intervalo entre los ordeños, siendo de 8 horas entre matutino-vespertino, en comparación con 16 horas vespertino-matutino.

En el caso del T3 se ve un aumento en el % grasa matutina, en comparación con la vespertina, donde se vio afectado esto por un mayor ordeño a fondo, debido a que este grupo entraba a ser ordeñado primero, y se le dio más cuidado al ordeño y vaciado de ubre; por las cámaras para la enseñanza virtual del proyecto PAPIME P-201513

La composición de la dieta de las vacas posee una influencia importante en la concentración de grasa de la leche; particularmente, la falta de fibra en la dieta bloquea la formación de acetato, lo que a su vez resulta en una reducción del contenido de grasa en la leche, 2-2.5%, CANILEC (2011). El T1, tuvo la mayor cantidad de % grasa, siendo esto porque el horizonte de pastoreo fue el más bajo de los tres tratamientos, lo que ayudo a que la cantidad de fibra presente en los tallos, fuera consumida en mayor cantidad.

En una investigación realizada por Álvarez *et al* (2006) refieren que la oferta de forraje afectó significativamente la producción individual de leche, pero ninguna de las ofertas de forraje afectó significativamente los valores de composición de grasa en leche. Hershberger (2012) reportó que el % de grasa en leche en un sistema estabulado es menor (3.5%) a los valores alcanzados en alimentaciones en pastoreo, donde obtuvo valores mayores 5.1% y 4.6% respectivamente, asociando las diferencias entre el pastoreo con la genética de los animales utilizados en el estudio, Materola (2007).

En el % de proteína en leche no se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos tanto en ordeño matutino como en el vespertino (Cuadro 7), aunque se observa una ligera tendencia a incrementarse la cantidad de proteína en la leche por la tarde. Álvarez *et al* (2006) reportaron que la oferta de forraje afecta significativamente la producción individual de leche a diferentes asignaciones de forraje, pero en ninguna de las ofertas de forraje se afectaron significativamente los valores de composición de proteína en leche.

Hershberger (2012) en un ensayo en el que compara vacas en estabulación contra vacas en pastoreo obtuvo datos similares, reportando 3.3 % de proteína en leche en estabulación; 3.9 y 3.3% respectivamente para dos tratamientos en pastoreo, sin encontrar diferencias estadísticas.

Cuadro 7. Porcentaje (%) de proteína en leche de vaca a diferentes asignaciones de materia seca en pastoreo, ajustada a días en leche.

Tratamiento	AM		PM	
	% Proteína	EEM	% Proteína	EEM
T1	3.41a	0.0680	3.54a	0.0680
T2	3.46a	0.0676	3.62a	0.0685
T3	3.46a	0.0678	3.49a	0.0687

a;b, medias con distinta literal dentro de columna es diferente ($p < 0.05$)

EEM. Error estándar de la media

AM: ordeño matutino

PM: ordeño vespertino

No hubo diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos para % de lactosa en leche, tanto en el ordeño matutino como en el vespertino, observándose una tendencia a ser mayor por la tarde (T3: 4.88%) (Cuadro 8). La concentración de lactosa tiende a ser relativamente independiente de la dieta y es el principal agente osmolar de la leche, facilitando el flujo desde el interior de la célula secretora a los alvéolos. Por ello, su concentración va relativamente paralela a los volúmenes emitidos y además está estrechamente correlacionada con los niveles de sodio, cloro y potasio, que también tienen un rol osmolar. A medida que aumenta la concentración, inmediatamente se produce un mayor volumen, por lo que su concentración se mantiene estable (Hersberger, 2012).

Cuadro 8. Porcentaje (%) de lactosa en leche de vaca a diferentes asignaciones de materia seca en pastoreo, ajustada a días en leche.

Tratamiento	AM		PM	
	% Lactosa	EEM	% Lactosa	EEM
T1	4.70a	0.0421	4.84a	0.0249
T2	4.78a	0.0424	4.84a	0.0250
T3	4.84a	0.0425	4.88a	0.0251

a,b medias con distinta literal dentro de columna es diferente ($p < 0.05$)

EEM. Error estándar de la media

AM: ordeño matutino

PM: ordeño vespertino

Hershberger (2012) reportó datos muy similares a los encontrados en este estudio en dos sistemas de alimentación uno en estabulación (4.9%), y dos en alimentación basada en pastoreo con 4.7% y 4.8% respectivamente, pero sin diferencias significativas entre tratamientos.

En la determinación de sólidos no grasos, solo en el ordeño matutino, se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) (Cuadro 9), observándose el mayor valor para el T3 con 9.31%, estos valores pueden atribuirse a la concentración de nutrientes en las hojas que son consumidas, que presentan mayor contenido de cenizas en un análisis químico, Montañés *et al* (1972).

La concentración de sólidos no grasos (SNG) incrementa con el avance de la lactancia, esto debido a que el descenso de lactosa es menor que el incremento en el contenido de proteína, Walsh (1968) lo cual no se observó, porque las vacas estaban en el último tercio de lactación.

Álvarez *et al* (2006) refieren que la oferta de forraje afecta significativamente la producción de leche individual a diferentes asignaciones de forraje, pero ninguna oferta de forraje afecta significativamente los valores de composición de SNG en leche.

Cuadro 9. Porcentaje (%) de sólidos no grasos (SNG) en leche de vaca a diferentes asignaciones de materia seca en pastoreo, ajustada a días en leche.

Tratamiento	AM		PM	
	% SNG	EEM	% SNG	EEM
T1	8.91b	0.9711	9.34a	0.5524
T2	9.24ab	0.5814	9.48a	0.5863
T3	9.31a	0.5273	9.39a	0.5641

a;b, medias con distinta literal dentro de columna es diferente ($p < 0.05$)

EEM. Error estándar de la media

AM: ordeño matutino

PM: ordeño vespertino

Hershberger (2012) no encontró diferencia estadística en la concentración de SNG para la producción en estabulación y dos sistemas de estabulación.

6. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones experimentales en las que se desarrolló esta investigación se concluye:

Las diferentes asignaciones de materia seca en las vacas tuvieron en el consumo de forraje; el porcentaje mayor de uso de materia seca se obtiene en las asignaciones de menor oferta aumentando su eficiencia de utilización, en comparación con ofertas altas, donde disminuye el porcentaje de uso de la Materia seca.

No hubo diferencias en la producción de leche/vaca/día, en las diferentes asignaciones de materia seca, pero si en el Forraje residual después del pastoreo, donde a mayor oferta, mayor es el rechazo de materia seca.

En los análisis químicos del forraje ofrecido antes de pastoreo no se observaron diferencias en los porcentajes de MS y FC, pero si en PC, CEN y TND entre tratamientos.

La cantidad de forraje presente después del pastoreo, composición botánica y morfológica de la pradera fue diferente entre tratamientos, los mayores valores de estas variables se encuentran en las mayores ofertas de forraje.

No hubo diferencias en la concentración de proteína y lactosa en la leche

La concentración de grasa en la leche, no presento diferencia entre tratamientos, dados por la oferta de forraje; solo hubo diferencias entre el ordeña, debido a los intervalos entre ordeño, siendo mayores en aquellos con lapsos cortos de tiempo.

Para la concentración de SNG la cantidad más alta se observó en el tratamiento con mayor asignación de forraje en el ordeño matutino.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Álvarez H.J., Dichio L., Pece M.A., Cangiano C.A., Galli R. 2006. Producción de leche bovina con distintos niveles de asignación de pastura y suplementación energética. *Ciencia e Investigación Agraria*. Vol. 33.
2. Arriaga J.C., Espinoza O.A., Albarrán P.B., Castelán O.O. 1999. Producción de Leche en Pastoreo de Praderas Cultivadas: Una Alternativa para el Altiplano Central. *Ciencia Ergo Sum*, Universidad Autónoma del Estado de México. Vol. 6., 290-300.
3. Blanco O.M.A. 2010. Zootecnia de bovinos productores de leche. *In: Introducción a la Zootecnia*. Trujillo O., M. E. (Ed.). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de México. pp: 127-161.
4. Bonilla C.J.A. 2000. Consumo Voluntario de Forraje por Vacas Lecheras en Pastoreo. INIFAP, Folleto Científico No. 1.
5. Cadena C.M. 1998. Apuntes de Pastoreo-Producción de Leche. Preparados para el curso "Producción de leche". Guadalajara, Jalisco: 16.
6. CANILEC, 2011. Cámara Nacional de Industriales de la Leche. El Libro Blanco de la leche y sus productos lácteos. Primera Edición, Vol. 1: 156.
7. CANILEC, 2015. Cámara Nacional de Industriales de la Leche. <http://www.canilec.org.mx/index.html>; 20 de junio de 2015.
8. Comeron E.A. 2007. Eficiencia Productiva de los Sistemas Lecheros en Zonas Templadas (Con especial referencia a América Latina y Argentina. *Archivo Latinoamericano de Producción Animal*. Vol. 15 (Supl. 1) Vol. 15 (Supl. 1), 141-143.
9. Comité nacional sistema producto bovinos leche (CNSPBL). Sistema producto bovinos leche, Anuario 2013. http://www.spbl.org.mx/doc/anuario_2013150414PAN.pdf: 18 de septiembre de 2014.
10. Fernández M.A.A., Martínez B.L., Paredes M.L.F., Quispe S.G.G., Pareja L.J.C., Moore L.J., Lázaro O.C.E., Palomino C.W. 2010. Programa modular para el manejo técnico de lácteos. *Tecnología productiva de Lácteos. Calidad de Leche*. SOLID, Perú: 84.
11. Gutiérrez A. J.L. 1991. Nutrición de rumiantes en pastoreo. Universidad Autónoma de Chihuahua.

12. Hazard T.S. 1997. Variación de la composición de la leche. Curso-Taller Calidad de Leche e Interpretación de Resultados de Laboratorio. Temuco, Chile, 7, 33-44.
13. Hershberger D.A.G. 2012. Producción y calidad de leche de vacas en pastoreo o en estabulación. (Tesis en Maestría en Ciencias en Innovación Ganadera). Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo, México: 86.
14. Ingvarsten K.L., Andersen J.B. 2000. Symposium: dry matter intake of lactating dairy cattle. Integration of metabolism and intake regulation: a review focusing on periparturient animals. J. Dairy Sci. 83: 1573-1597.
15. Jennings J. 2014. FSA4000, Alfalfa for Dairy Cattle. Animal Science Department. University of Arkansas Division of Agriculture: 4.
16. Materola B.H. 2007. Manejo nutricional y composición de la leche. El desafío de incrementar los sólidos totales en la leche. Una necesidad a corto plazo. Circular de Extensión Técnico-Ganadera, Departamento de Producción Animal. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile: 17.
17. McCullough M. E. 1971 Alimentación práctica de la vaca lechera. Tercera Edición. Aedos. Barcelona: 208.
18. Mejía H.J., 2002. Consumo Voluntario de Forraje Por Rumiantes en Pastoreo. Acta Universitaria, Septiembre-Diciembre, Año/Vol. 12, numero 003. Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México: 56-63.
19. Mella F.C. 2005. Suplementación de vacas lecheras de alta producción a pastoreo. INIA. www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR33839.pdf. Consultada el 8 de enero de 2015.
20. Mendoza F.C.A. 2011. Efecto de la variación diaria en la oferta forrajera sobre el volumen y composición de la leche en explotaciones de la Sabana de Bogotá (Tesis de Magister en Producción Animal). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia: 232.
21. Montañés L., Abadia A., Heras L. 1972. Composición de la alfalfa (*Medicago sativa*) a lo largo de la explotación. Estación Experimental de Aula Dei (EEAD): 357-365.

22. NMX-F-700-COFOCALEC-2004 (Consejo para el Fomento de la Calidad de la Leche y sus Derivados, A.C.). 2005. Norma Mexicana NMX-F-700-COFOCALEC-2004. Sistema Producto Leche-Alimento Lácteo- Leche Cruda de Vaca. Especificaciones Físico-Químicas y Sanitarias y Métodos de Prueba. México.
23. OIRSA, 2007. Manual; Buenas Prácticas en Explotaciones Lecheras para Centroamérica, Panamá y Belice: 39.
24. Ortiz S.J.A., García T.O., Morales T.G. 2005. Manual del Participante; Manejo de Bovinos Productores de Leche. Secretaria de la Reforma Agraria. Colegio de Postgraduados: 53.
25. Peyraud J.L., Delaby L. 2001. Ideal concentrate feeds for grazing dairy cows responses to supplementation in interaction with grazing management and grass quality. *In: Recent Advances in Animal Nutrition*. Garnsworthy, P. C. and J. Wiseman, Eds. Nottingham University Press: 11.
26. Piña M.L. 2010. Efecto del Manejo del pastoreo sobre la producción de leche y sólidos lácteos. Circular de Extensión 2010. Departamento de Producción Animal. Universidad de Chile: 8.
27. Rebuffo M. 2005. Alfalfa: Principios de manejo del Pastoreo. Programa Nacional de Plantas Forrajeras. Revista INIA - Nº 5
28. Romero N.A., Comeron E.A., Ustarroz E. 1995. Manejo y Utilización de la Alfalfa. La alfalfa en Argentina, Sitio Argentino de Producción Animal. INTA Cuyo, 150-170.
29. Salcedo D.G. 2002. Suplementación de vacas en pastoreo Dpto. de Tecnología Agraria del I.E.S. "La Granja" 39792 Heras. Cantabria: 77.
30. SAS (2003): System for windows. User's Guide Statistics, SAS Inst. Inc. Cary North Carolina, USA.
31. Secretaria de Economía (SE), 2012. Dirección General de Industrias Básicas. Análisis del sector lácteo en México: 29
32. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2015. Boletín de Leche, Enero-Marzo 2015, SAGARPA: 62.
33. Soto O.P., Chahín A.G. 1995. Bases Fisiológicas para la utilización de la alfalfa. INIA. Estación Experimental, Santiago de Chile: 144-157.

34. Steel RGD, Torrie J, Dickey DA. (1997): Principles and procedures of statistics: A biometrical Approach. 3rd edit. McGraw Hill Book Co. New York. 165
35. Trujillo L.A.I. y Uriarte G. 2008. Valor Nutritivo de las Pasturas, Uruguay. <http://www.fagro.edu.uy/~nutanimal/>.: 10 de Abril de 2015.
36. Vázquez F.S., Solís S.D.C., Maycotte C.D.I., Machado R.R., Uriarte A.M.E. 2013. La leche como alimento completo naturalmente saludable. Tecnológico de Monterrey/CNSPBL/SAGARPA: 122.
37. Vélez V.E. 2013. Factores de origen ambiental que afectan la producción de leche en vacunos bajo pastoreo semi-intensivo. Revisión bibliográfica. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina Veterinaria: 10.
38. Vicentin, J. A., Mistrorigo, D. M.; Curto, A., Di Nucci, E., Cian, M., Lorenzon, M. M., Sterren, A., Isaurralde, R. M.; Vallecillo, S. M.; Gangge, F. N., Sito Henderson, R., Mughherli, F., Riedel, J., Veick, V., 2013. Evaluación de la producción primaria y secundaria de pasturas en siembra directa (en Sistemas Reales). Ciencia, Docencia y Tecnología Suplemento. Vol. 3, No.3: 28.
39. Villegas D.G., Bolaños M.A., Olguín P.L. 2001. Textos monográficos: Economía. "La ganadería en México". Editores Plaza y Valdez: 158.
40. Walsh, J. P. 1968. Factors affecting the solids-no-fat content of the milk of herds. Journal of the Society of Dairy Technology 21(2): 62-71.
41. Zegarra J., Aguilar C., García F., Allende R. 2002. Sistema de Producción de Leche en Base a Pastoreo Intensivo en la costa de Arequipa, Perú: Modelo de Simulación. Ciencia e Investigación Agraria. Vol. 29: 1-11.