



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y

RECURSOS NATURALES

**“COMPOSICIÓN BOTÁNICA DE LA DIETA DE VACAS EN PASTOREO
EN DOS ÉPOCAS DEL AÑO EN UNA UNIDAD DE PRODUCCIÓN DE
DOBLE PROPÓSITO, EN EL SUROESTE DEL ESTADO DE MÉXICO”**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTORA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

PRESENTA:

FELISA SARAI JIMÉNEZ PERALTA

COMITÉ DE TUTORES

DR. BENITO ALBARRÁN PORTILLO

DR. MANUEL GONZÁLEZ RONQUILLO

DRA. SHEREZADA ESPARZA JIMÉNEZ

TOLUCA, MÉXICO, FEBRERO 2026

Resumen

El objetivo principal de este trabajo de tesis fue evaluar la composición botánica de la dieta (CBD) de vacas en pastoreo en dos épocas del año (lluvias y secas) en una unidad de producción de doble propósito (DP) en la región suroeste del Estado de México. Posteriormente para ayudar a complementar la investigación se determinó la respuesta productiva (época lluvias y secas) y la respuesta económica (época de lluvias), para lo cual se muestreó un hato de 25 vacas Pardo Suizo en lactación, de las que se siguieron 5 vacas durante el pastoreo para identificar áreas de consumo determinando, así como la composición botánica de la superficie del agostadero (CBA). De estas vacas se realizó una recolección de muestras fecales, tomadas directamente del recto al final del ordeño durante dos días consecutivos en la última semana de cada periodo experimental (PE), con el fin de determinar la CBD. En este caso cada mes se consideró como un PE. El resto de las vacas del hato se monitoreó para el registro de las variables productivas y la recolección de muestras de leche. Para la época de lluvias el estudio se hizo durante los meses de agosto, septiembre y octubre de 2011 y para la época de secas el estudio se realizó durante los meses de marzo, abril y mayo de 2012. Las muestras de heces que se tomaron fueron para determinar la composición botánica de la dieta (CBD), mediante la técnica de microhistología. Las variables de respuesta que se tomaron en cuenta fueron, rendimiento de leche ($\text{kg}^{-1} \text{ vaca}^{-1} \text{ d}^{-1}$), grasa y proteína en leche (g/kg), peso vivo (PV) y condición corporal (CC). El análisis económico se realizó mediante la metodología de presupuestos por actividad. Los resultados obtenidos de los dos experimentos (lluvias y secas) arrojaron que la CBD estuvo compuesta por *Cynodon plectostachyus* (44%), *Aeschinomene sp* (19%), *Paspalum convexum* (17%), y *Paspalum notatum* (7%) para el caso de la época de lluvias y para la época de secas principalmente por *Cynodon plectostachyus* (62.5%) y por la especie leñosa *Vachellia farnesiana* (33%), con menores proporciones de *Pithecellobium dulce*, *Guazuma ulmifolia* y *Ficus sp.* (6.5%). La producción de leche promedio fue $6.9 \text{ kg}^{-1} \text{ vaca}^{-1} \text{ d}^{-1}$ y $5.6 \text{ kg}^{-1} \text{ vaca}^{-1} \text{ d}^{-1}$, el PV fue

419.5 kg y 450 kg y la CC fue de 1.5 y 2.5 respectivamente. El costo de producción por litro de leche durante la época de lluvias fue de \$2.9. Por lo tanto, se concluye que la producción de leche en el periodo de abundancia de pastos (época de lluvias) es sostenible al tener bajos costos de producción y que al basar la alimentación en recursos locales los forrajes alternativos contribuyeron de manera significativa a los requerimientos nutricionales durante los periodos de escasez de pasto (época seca) y finalmente a comprender que la composición botánica de la dieta de vacas en pastoreo permite desarrollar estrategias de manejo basadas en el uso eficiente de los recursos locales.

Índice general

Resumen.....	III
Agradecimientos.....	V
Índice general.....	VI
I. Introducción.....	10
II. Justificación.....	14
III. Revisión de literatura.....	15
3.1 Sistemas de producción de leche en México (SPLM).....	15
3.1.1 Sistema especializado o tecnificado	15
3.1.2 Sistema semiespecializado.....	16
3.1.3 Sistema de pequeña escala o familiar.....	16
3.1.4 Sistema de doble propósito (SDP).....	17
3.2 Sistema de Producción bovina en el Sur del Estado de México.....	18
3.3 Utilización de praderas para la alimentación del ganado bovino en pastoreo.....	20
3.4 Composición botánica del agostadero.....	21
3.5 Composición botánica de la dieta.....	22
3.5.1 Metodologías para la determinación de la composición botánica.....	22
3.5.1.1 Observación directa.....	22
3.5.1.2 Separación manual de las especies presentes en las muestras de extrusas o de contenido estomacal.....	23
3.5.1.3 Técnica microhistológica denominada también microtécnica.....	23
3.6 Componentes tóxicos presentes en la dieta del ganado bovino en pastoreo.....	25
3.7 Suplementación de animales en pastoreo.....	25
3.8 Uso de concentrados en la alimentación de bovinos en pastoreo.....	27
3.9 Uso de concentrados en la alimentación de bovinos en pastoreo.....	28

3.9.1 Edad.....	28
3.9.2 Etapa reproductiva.....	28
3.9.3 Consumo voluntario (CV) de alimento.....	29
3.9.4 Calidad y composición de la leche.....	29
3.10 Componentes de la leche.....	29
3.10.1 Agua.....	29
3.10.2 Sólidos totales.....	29
3.10.3 Sólidos no grasos.....	30
3.10.4 Grasa.....	30
3.10.5 Proteína.....	30
3.10.6 Densidad.....	30
3.10.7 Crioscopia.....	30
3.10.8 pH.....	30
3.10.9 Nitrógeno Ureico en leche (NUL).....	31
3.10.10 Relación entre el NUL y la producción de leche.....	31
3.11 Valor nutritivo de la dieta de los animales.....	33
3.12 Métodos para estimar el valor nutritivo de los alimentos.....	34
3.12.1 Análisis químico proximal (AQP)	34
3.12.1.1 Composición química bromatológica de los alimentos.....	34
3.12.1.2 Fraccionamiento de la fibra: Método Van Soest (1991)	37
3.12.1.3 Digestibilidad in vitro con la técnica de producción de gas.....	39
IV. Hipótesis.....	42
V. Objetivos.....	43
5.1 Objetivo general.....	43
5.2 Objetivos específicos.....	43

VI. Materiales y Métodos	46
6.1 Zona de estudios.....	46
6.2 Unidad experimental.....	46
6.3 Periodos experimentales.....	47
6.4 Composición botánica del agostadero (CBA).....	47
6.5 Composición botánica de la dieta (CBD).....	48
6.5.1 Cuantificación de las especies identificadas en las laminillas.....	48
6.6 Composición química y valor nutricional de las especies presentes en el agostadero.....	50
6.7 Estimación del consumo de nutrientes.....	51
6.8 Medición de la respuesta productiva.....	51
6.8.1 Producción y composición química de la leche.....	51
6.8.2 Peso (kg/vaca/d-1) y condición corporal (CC).....	51
6.9 Compuestos secundarios.....	52
6.10 Análisis económico.....	52
6.11 Diseño experimental.....	53
VII. Resultados.....	54
7.1 Capítulo del libro publicado. COMPOSICIÓN BOTÁNICA DE LA DIETA, RESPUESTA PRODUCTIVA Y ECONÓMICA DE VACAS EN PASTOREO EN LA ÉPOCA DE LLUVIAS, EN EL SUROESTE DEL ESTADO DE MÉXICO.....	54
7.2 Artículo enviado. Botanical composition of the diet of grazing cows during the dry season in a subtropical region of Mexico.....	74
VIII. Conclusión general.....	98
IX. Bibliografía general.....	99
X. Anexos.....	111

I. Introducción

Principalmente en la nutrición animal, se han reconocido cuatro aspectos básicos importantes que se deben tomar siempre en cuenta para la alimentación: los requerimientos del animal, el contenido nutricional de los alimentos, su digestibilidad y la cantidad de alimento consumido por el animal.

La nutrición de los animales en pastoreo tiene un proceso diferente, con características y problemas particulares a los sistemas intensivos, ya que la ración y la composición botánica del alimento que consumen es variable, los requerimientos del ganado bajo estas circunstancias no se conocen en su totalidad, estas pueden ser modificadas por la actividad del pastoreo y las condiciones medioambientales. Otra dificultad que enfrenta este sistema es que el valor nutritivo y la digestibilidad son difíciles de determinar debido a que el animal selecciona su dieta de una combinación de especies presentes en el agostadero.

La alimentación de rumiantes en el sur del Estado de México se basa principalmente en el pastoreo libre de los animales en los agostaderos, en los cuales se encuentran pastos nativos, pastos introducidos, árboles, arbustos y otras herbáceas que en conjunto proveen alimento a los animales en las diferentes épocas del año. Las unidades de producción de bovinos de doble propósito de esta zona se caracterizan por ser extensivas, basándose en el pastoreo en potreros de grandes extensiones, en los cuales el pasto más representativo es el Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*).

La producción de esta zona, está determinada por una marcada estacionalidad. Teniendo dos épocas bien definidas: La época de secas y la época de lluvias, siendo esta última la más abundante en producción de forraje (pastos y herbáceas) (Rodea *et al.*, 2010), utilizándose en esta época solo estos recursos para la alimentación de los animales siendo las sales minerales el único suplemento que reciben los animales. Mientras que en la época de secas existe una

falta de pastos con aceptables valores nutritivo y en cantidad suficiente que cubran los requerimientos de los animales, complementando su consumo de materia seca y proteína a partir de arbustos, así como follaje, flor y fruto de árboles, generalmente leguminosos; los cuales contienen adecuados niveles de proteína cruda.

Sin embargo, estos niveles de proteína generalmente están correlacionados con altos niveles de compuestos secundarios antinutricionales, lo cual limita la producción animal. Además de que los productores se ven en la necesidad de utilizar suplementos para mantener niveles de producción de leche aceptables, tanto para la venta como para el mantenimiento de los becerros; así como para evitar que las vacas pierdan condición corporal que comprometa la reproducción.

Con el objetivo de disminuir el costo de los suplementos en esta época, los productores utilizan maíz mazorca producida dentro de la unidad de producción mezclada con concentrado comercial, esta mezcla contenía 14% de proteína cruda. Albarrán y colaboradores (2009), reportaron que el costo de producción de 1 kg de leche en la época de secas era de \$4.40, cuando el productor recibía \$4.0.

Existen reportes que indican que los costos de alimentación representan entre el 50 y 80% del costo de producción de un litro de leche (Arriaga *et al.*, 2006). Un alto porcentaje de este costo de producción es debido la compra de concentrados comerciales. Dentro de los concentrados comerciales el ingrediente más caro es la proteína cruda (PC). En ganado lechero se han venido utilizando dietas con niveles de PC de 180 g/kg/MS, como una forma de asegurar un aporte suficiente de proteína metabolizable (PM), que permita lograr altos niveles de producción de leche (Davidson *et al.*, 2003).

La sobrealimentación con PC incrementa costos de producción, disminuye la eficiencia de utilización de nutrientes (Tamminga *et al.*, 1992), disminuye la fertilidad en vacas, además de producir pérdidas de nitrógeno (N) de la dieta, que son excretados vía heces y orina

contaminando cuerpos de agua. Esparza (2012), comparó la respuesta productiva de vacas lactantes en un sistema de doble propósito, a dos niveles de PC (14 vs 16%) en el suplemento (5 kg/vaca/día), encontrando que no existieron diferencias significativas en la respuesta productiva de vacas que consumieron suplemento con 14% respecto de vacas que consumieron suplemento con 16% de PC. El costo de producción de leche de las vacas en el tratamiento 14% fue de \$2.4/kg vs \$2.6 del suplemento con 16% de PC.

Tomando en cuenta estos problemas que enfrenta el sistema doble propósito en pastoreo es indispensable valorar los beneficios que aporta el sistema agrosilvopastoril. Donde en este tipo de sistema se utilizan las diferentes formas de uso y ordenamiento de la tierra, que permiten una mejor productividad de la unidad de producción en forma sostenible a través de la combinación de cultivos agrícolas con pastos, arbustos, árboles de uso múltiple y explotación de animales, al mismo tiempo o en forma sucesiva. (Radulovich, 1994)

Desafortunadamente, existe un problema fundamental en la nutrición y en el manejo de los agostaderos principalmente en la época de lluvias, este es la determinación exacta de la composición botánica de la dieta consumida (CBD) (Galt *et al.*, 1980). No sabiendo entonces, cuál es el valor nutritivo de la dieta, respuesta productiva y ni la respuesta económica de ésta en las vacas en lactación. Existen diferentes metodologías para la determinación de la CBD que permiten identificar las especies forrajeras preferidas, el efecto de variación botánica sobre la selectividad del consumo y su variación en el valor nutritivo durante el pastoreo (Holechek *et al.*, 1989), teniendo como base la composición botánica del agostadero (CBA).

Una de ellas es la técnica microhistológica, ampliamente utilizada para estudiar la CBD

Esta técnica se basa en la elaboración de dos tipos de laminillas; Las permanentes: elaboradas con material vegetal de las especies que se encuentran en el área de estudio y las temporales, que se elaboran con las muestras provenientes de las heces del animal (González

y Améndola, 2010), con el objetivo de la identificación bajo microscopio de fragmentos epidérmicos vegetales, que poseen caracteres diagnósticos que permiten diferenciar las especies vegetales (Sepúlveda *et al.*, 2004).

Es importante saber que el uso de ésta técnica se recomienda ya que tiene la ventaja de obtener con facilidad las muestras de heces y porque se considera un método no invasivo ya que no implica manipulación o sacrificio de los animales.

Con base en lo anterior, se plantea como objetivo conocer la composición botánica de la dieta, así como el valor nutritivo, la respuesta productiva y económica de la dieta consumida por estos en la época de lluvias y secas en el municipio de Zacazonapan, Estado de México, como una alternativa para reducir costos de producción de leche y, que esto permita en un futuro tener elementos de decisión para el manejo sustentable de los recurso forrajeros presentes en los potreros y de la oportunidad de obtener mejores rendimientos productivos en los animales.

II. Justificación

A pesar de que ya se sabe de forma general que la alimentación de rumiantes en el sur del estado de México se basa en el pastoreo libre de los animales en los agostaderos (alimentándose de los recursos disponibles en las diferentes épocas del año dentro de este) contribuyendo a la unidad de producción a reducir los costos de producción y a bajar el nivel de utilización de insumos externos a las unidades de producción y que estas características le dan al sistema una gran flexibilidad ante condiciones económicas adversas y que la producción animal en el sur del Estado de México, está determinada por una marcada estacionalidad (época de lluvias y época de secas). Es por ello que es importante y necesario conocer lo que los animales están consumiendo en los agostaderos dentro de las unidades de producción. Siendo entonces importante crear fundamentos que permitan evaluar el sistema de producción en cada unidad de producción. Es por eso que el propósito de esta investigación es determinar y evaluar los recursos forrajeros presentes en una unidad de producción en el municipio de Zacazonapan, permitiendo saber cuál es la composición botánica del agostadero (CBA) y la composición botánica de la dieta (CBD), determinado a partir de este conocimiento el valor nutritivo que tiene cada especie consumida por los animales y en consecuencia poder evaluar los parámetros productivos y la respuesta económica de la dieta en general en las diferentes épocas del año. Dando pauta para poder desarrollar estrategias de alimentación eficientes basadas en forrajes que permitan obtener las mejores respuestas productivas del animal y dar una mejor respuesta económica al productor.

III. Revisión de literatura

3.1 Sistemas de producción de leche en México (SPLM)

Los sistemas de producción ganaderos tienen como propósito producir satisfactorios sociales que puedan mantenerse a largo plazo mediante la conservación de las fuentes que proporcionen los recursos primarios de la producción agrícola o ganadera, sin dejar de lado los factores sociales, económicos y “tecnológicos” (Sevilla, 1999; González-Esquivel *et al.*, 2006).

La ganadería lechera en México está distribuida en diferentes regiones agroecológicas y cuencas lecheras que difieren en tecnificación (intensificación, niveles y costos de producción), y éstas dependen de la utilización de razas especializadas Holstein, Pardo Suizo y Jersey, o vacas cruzadas *Bos taurus* x *Bos indicus* (CONARGEM, 2000).

Los sistemas de producción de leche en México se agrupan principalmente en cuatro categorías: el especializado, semiespecializado, familiar o de traspatio y el de doble propósito (Cervantes, 2008)

3.1.1 Sistema especializado o tecnificado

En México este sistema está más orientado a la producción de leche que a la producción de carne, es por eso que se cuenta con animales de razas específicas orientadas a la producción deseada, teniendo un alto potencial genético (Álvarez *et al.*, 2007)

Se ubica principalmente en la zona centro y norte del país, los climas predominantes son templados, áridos y semiáridos, sus sistemas de producción incluyen la mecanización, tanto para producir forrajes como para el ordeño. Se caracteriza por trabajar con ganado de la raza Holstein en 95% de los casos, y en menor medida ganado Pardo Suizo, la producción es de 7-9 mil l/vaca/año y la duración de la lactación es de 10 meses (Álvarez, 1996). Las vacas se encuentran en estabulación total principalmente, alimentadas con forraje de corte y altos niveles de productos

balanceados. La suplementación mineral siempre es incluida en la dieta, las dietas son preparadas de manera específica de acuerdo al estado fisiológico en el que se encuentren los animales se realizan prácticas de medicina preventiva, reproducción y mejoramiento genético (Montaldo *et al.*, 2010).

Es muy dependiente del exterior debido a la importación de vaquillas de reemplazo, equipos, semen, semillas, medicamentos, maquinas ordeñadoras, equipo de procesamiento y maquinaria agrícola (SAGARPA, 2001).

3.1.2 Sistema semiespecializado

Sé localiza en el Altiplano Central y norte del país. En la base genética del ganado de este sistema predominan las razas Holstein y Pardo Suizo, sin llegar a los niveles de producción y duración de la lactancia del sistema especializado., el ganado se mantiene en condiciones de semiestabulación, en pequeñas extensiones de terreno; las instalaciones son acondicionadas o adaptadas para la explotación del ganado (SAGARPA, 2001).

El ordeño se realiza de forma manual o mecánica con ordeñadoras individuales o de pocas plazas, careciendo en la gran mayoría de equipo propio para enfriamiento y conservación de la leche, por lo que se le considera un nivel medio de incorporación tecnológica en infraestructura y equipo (SAGARPA, 2001).

3.1.3 Sistema de pequeña escala o familiar

Este sistema se encuentra principalmente en la zona centro del país, se caracteriza por estar formada por pequeñas explotaciones, en las cuales los productores ocupan los modos tradicionales de producción, haciendo uso de esquilmos agrícolas para la alimentación del ganado (paja, rastrojo de maíz, sorgo y trigo) (Álvarez y Montaña 1996).

Espinoza (2004) menciona que la leche proporciona el ingreso al productor, aunque puede complementarse con algunos otros ingresos dentro de la Unidad de Producción o fuera

de ésta. Tienen un máximo de 20 vacas y un mínimo de 6, y utilizan principalmente mano de obra familiar de manera predominante, así como otros recursos con los que cuenta la familia como tierra, agua y capital (Cervantes *et al.*, 2007).

Sus inversiones fijas son bajas, el manejo en la higiene es deficiente sobre todo en la ordeña (Álvarez y Montaña 1996). En este tipo de explotaciones, el uso de la monta directa por parte del semental es aún más común, por lo cual existen enfermedades reproductivas, el intervalo entre partos es de 16 meses, el mercado principal son boteros, queseros de la localidad, y se comercializa la leche bronca sin ningún control (LICONSA, 2005).

3.1.4 Sistema de doble propósito (SDP)

Una de las actividades del medio rural más diseminadas en México y que no está exenta de la heterogeneidad es la ganadería bovina de doble propósito (Rivas y Holmann, 2002)

Se ubica en las regiones tropicales y subtropicales de México, se utilizan razas Cebuinas y sus cruza con Suizo, Holstein y Simmental, está basado en explotaciones de ganado para producción de carne y leche. Este sistema de producción es el más importante en la actividad pecuaria en la parte sur de México, debido a la gran cantidad de animales que existen (Chi, 2006).

La alimentación se basa principalmente en el pastoreo con gramíneas nativas o pastos cultivados, además, de la utilización de suplementos alimenticios elaborados con subproductos agroindustriales (Castelán, 2006; citado por Albarrán, 2008).

El rendimiento promedio de leche es de 7 kg/vaca/día, sin embargo, los niveles productivos están marcados por una alta estacionalidad, aumentando la producción de leche en época de lluvias y disminuyendo en la época de estiaje (Albarrán *et al.*, 2009)

Cuenta con instalaciones adaptadas, empleando para su construcción material de la región La venta de la leche constituye el principal ingreso del productor además de la venta de los becerros destetados esta última ayuda al mantenimiento de los potreros (SAGARPA 2005).

Es importante mencionar que en conjunto con los sistemas antes mencionados existen otros sistemas como el Sistema Agrosilvopastoril que trata de encontrar un equilibrio entre los niveles de producción y la conservación de los recursos naturales (Petit *et al.*, 2009). Estas son algunas de sus ventajas:

- Permite un uso doble de la tierra y la diversificación del ingreso de la familia campesina mediante la obtención de un producto agrícola y otro pecuario para autoconsumo o venta.

- El cultivo agrícola, sea maíz, frijol, cebada, avena, trigo u otro, proporciona grano para consumo humano o alimento para el animal, (vacas, borregos, cabras, caballos y asnos) (Ramachandran, 1997).

- Los bovinos y equinos ofrecen fuerza de trabajo (tracción animal), la cual se emplea para la preparación del suelo antes de la siembra y en las labores agronómicas (escarda o laboreo) realizadas al cultivo (Montagnini, 1992).

- Los animales transforman rastrojo, paja y demás hierbas que quedan después de la cosecha del cultivo, en producto animal (carne, leche, lana y fuerza de trabajo o transporte).

- El abono orgánico (estiércol) proveniente de los animales domésticos se utiliza como fuente de nutrimentos para los cultivos agrícolas (Krishnamuthy y Leos-Rodríguez, 1994).

3.2 Sistema de Producción bovina en el Sur del Estado de México

En el Estado de México los sistemas de producción de leche característicos son de tipo familiar o campesinos, denominados Sistemas Campesinos de Producción de Leche (SCPL) este sistema se caracteriza por contar con pequeñas (<10 ha) o en ocasiones nula superficie de

tierra, el tamaño del hato es menor de 30 animales, la alimentación de los animales se basa en el uso de subproductos agropecuarios como el rastrojo de maíz (Castelán *et al.*, 1997, Estrada *et al.*, 2006), pastoreo de pastos nativos, corte y acarreo de forraje (Rayas-Amor *et al.*, 2012), la venta de leche representa el mayor porcentaje de los ingresos de la familia, los cuales pueden ser complementados con ingresos generados por otras actividades dentro de la unidad de producción o fuera de esta y su nivel de tecnificación generalmente es bajo (Castelán *et al.*, 2003, Espinoza *et al.*, 2005).

Los SCPL aportan el 28 % de la producción total nacional de leche (Castelán *et al.*, 2008). Constituyen una alternativa viable para cubrir el déficit de leche en México, debido a su alta capacidad de adaptación a los diferentes ambientes y escenarios económicos, que les han permitido sobrevivir a múltiples crisis económicas y productivas (Castelán y Mathewman, 1996). Los SCPL son una opción importante para incrementar el nivel de vida de los productores rurales dedicados a esta actividad, evitando de esta manera la migración a las ciudades (Castelán *et al.*, 2008).

La región sur del Estado de México se caracteriza por adoptar en su producción bovina el sistema doble propósito (SPDP) ya que utilizan con mayor eficiencia los recursos disponibles como son praderas, árboles y arbustos de la unidad de producción, resultando en bajos costos de producción. Teniendo este sistema una marcada característica es su contribución a la obtención de carne como becerro destetado y vacas de desecho, así como a los ingresos por venta de leche (Muñoz *et al.*, 1995).

El municipio de Zacazonapan ocupa el primer lugar en producción de leche y segundo en carne (SAGARPA, 2008) contribuyendo de manera importante a la producción de estos productos.

Ortiz (2013) mediante el análisis clúster que realizó, observó cuatro diferentes subsistemas de producción en la zona de Zacazonapan, con manejo, tamaño y orientación productiva diferente: sistema doble propósito enfocado a la producción de leche, sistema doble propósito enfocado a la producción de carne, sistema doble propósito tradicional y sistema doble propósito enfocado a la producción de becerros.

Albarrán y colaboradores (2009), reportaron las características generales del sistema de producción de bovinos de doble propósito en Zacazonapan, entre estas características se mencionaba que en la época de lluvias existe una abundancia de forraje (pastos), siendo con estos con los que únicamente se alimenta al ganado y en la época seca ante la falta de pastos los productores suplementaban a sus vacas con cantidades que oscilaban entre 4 y hasta 9 kg/vaca/día, representando los concentrados entre el 44 y 42% de los costos totales de producción (Esparza, 2009).

3.3 Utilización de praderas para la alimentación del ganado bovino en pastoreo

Cuando el ganado es alimentado en pastoreo la producción es dependiente en gran medida del consumo y calidad de forraje disponible, además del número y productividad de los animales utilizados (Webster, 1993).

El consumo de plantas por animales en pastoreo, está en función de factores relacionados con el animal (características anatómicas, estado fisiológico y raza) que influyen el comportamiento de los animales y en consecuencia la selección del forraje consumido (Demment *et al.*, 1987), ambiente (Estación del año, temperatura y precipitación) y factores relacionados con la planta (comunidad vegetal, especie y estado fenológico).

El consumo de forraje, depende de la comunidad vegetal que predomina en un área (Coppedge *et al.*, 1998). El consumo de gramíneas incrementa en determinadas épocas y depende del estado de maduración de la planta. El consumo de leguminosas se acentúa en

épocas secas, ya que tienen un valor nutricional ligeramente mejor que las gramíneas (Busqué *et al.*, 2000).

La especie entre forrajes es un factor que determina la composición botánica de la dieta, debido a la digestibilidad por diferencias anatómicas asociadas con los procesos fotosintéticos (Busqué *et al.*, 2000). El estado fenológico en el que se encuentra la planta afecta la calidad del forraje y en consecuencia el grado de selección que los animales hagan de este. Al incrementar el estado de madurez, la proporción hoja, tallo y partes florales cambian, la proporción de celulosa, hemicelulosa y lignina incrementan y la proporción de proteína cruda (PC) disminuye. En consecuencia, la digestibilidad disminuye como resultado de la pérdida por muerte de los componentes más digeribles, así el estado fenológico determinará la composición botánica de la dieta, siendo los forrajes jóvenes los de mayor preferencia

3.4 Composición botánica del agostadero

El pastizal natural o agostadero, consiste de una asociación de plantas con diferente palatabilidad (gramínea y leguminosa). Además, existen partes de las plantas que son más palatables como las hojas, flor y fruto y en consecuencia el animal no elige solamente entre especies (Gramíneas o leguminosas) sino también entre partes de la misma planta (Berlijn y Bernardón, 1982). La estructura y la composición botánica de un agostadero pueden influir directamente sobre la ingesta de las plantas por animales en pastoreo, independientemente de la influencia de los componentes químicos y del contenido de nutrimentos de las plantas en si (Hodgson, 1994). Sin embargo, los azúcares, ácidos orgánicos, taninos y alcaloides de las plantas, pueden afectar la composición botánica de la dieta de los animales en pastoreo (Forwood *et al.*, 1989).

La selección del forraje supone una diferenciación morfológica y nutritiva en las plantas. Sin diferenciación estas plantas, no serían seleccionadas durante el pastoreo (Van Soest, 1982).

3.5 Composición botánica de la dieta

La composición botánica de la dieta (CBD), es la proporción de las especies consumidas por los animales en la pradera o agostadero. El conocer la CBD es de gran utilidad para la planeación y desarrollo de prácticas de mejoramiento de los agostaderos, manejo del ganado. Así también, como el manejo de la fauna silvestre de interés ecológico y económico. Algunas aplicaciones de estos conocimientos son: evaluación de la compatibilidad existente del ganado y su hábitat (Wilson *et al.*, 1971); establecer las mejores épocas de pastoreo, elaborar sistema de pastoreo con el fin de evitar una sobre utilización de las especies vegetales más preferidas (Galt *et al.*, 1982); en la planeación y diseño de establecimientos de especies forrajeras (Peña, 1981).

3.5.1 Metodologías para la determinación de la composición botánica

3.5.1.1 Observación directa.

Un procedimiento muy utilizado en estudios pasados y presentes en la CBD de herbívoros es la observación directa del animal en pastoreo. La observación directa es una técnica simple, requiere poco tiempo y de fácil realización.

Existen variantes:

a) Apreciación visual de los animales en pastoreo para plantas de ramoneo (Cook *et al.*, 1967),

b) Colecta manual de muestras simulando la cosecha practicada por el animal (Coates y Penning, 2000), técnica conocida como “hand plucking” por su nombre en inglés (Flores *et al.*, 2002), o como “pastoreo simulado” (Albarrán, 2002). Teniendo estas como desventajas, la dificultad para identificar las especies vegetales en el momento que las consumen los animales, la complicación para diferenciar a gran distancia los bocados verdaderos de los escrutinios durante el pastoreo, el grado de complejidad de la estructura de la comunidad vegetal y el

problema para desplazarse durante la observación sin perturbar a los animales (Holechek *et al.*, 1982).

3.5.1.2 Separación manual de las especies presentes en las muestras de extrusas o de contenido estomacal.

En la mayoría de los casos durante la separación manual de las especies presentes en extrusas, es posible identificar con facilidad los arbustos, sin embargo, los pastos y algunas hierbas dicotiledóneas son alterados por la masticación y/o digestión, lo que obstaculiza su identificación por esta vía (Holechek *et al.*, 1982).

3.5.1.3 Técnica microhistológica denominada también microtécnica.

Fue diseñada por Baumgartner y Martín (1939) y modificada por Dusi (1949), como un método cualitativo: Dos décadas más tarde Sparks y Malechek (1968), la convirtieron en un método cuantitativo. La base de esta técnica radica en la identificación y cuantificación de fragmentos epidérmicos vegetales presentes en muestras de extrusas, estomacales o fecales. El tejido epidérmico resiste el proceso digestivo, por lo que es posible identificar los fragmentos en las muestras de estómago y fecales. Estas muestras se procesan con reactivos que eliminan el parénquima y floema, a fin de conservar sólo la epidermis y los haces de xilema (que auxilian en la identificación). El tejido epidérmico presenta una característica distintiva que permite identificar familias, géneros y especies de plantas en general; sin embargo, existen especies y géneros de la familia Gramineae o Poaceae que resultan difíciles de diferenciar debido a las semejanzas histológicas de su epidermis (Sparks y Malechek, 1968).

La técnica se basa en la elaboración de dos tipos de laminillas, las permanentes o de referencia (también conocidas como laminillas patrón) y las temporales.

Las laminillas permanentes son aquellas elaboradas con material vegetal de las especies que se encuentran en el área de estudio para determinar características anatómicas de su

epidermis. Esta característica se emplea para identificar las especies en las muestras de heces, de extrusas y del contenido estomacal. Concluido el empleo de laminillas permanentes correspondientes a una determinada investigación se deben archivar para emplearse como referencia en futuros trabajos dentro de la misma área o áreas semejantes (Sparks y Malechek, 1968).

Las laminillas temporales se elaboran con las muestras provenientes de heces, extrusas o estómago de la dieta consumida por el animal. Una vez concluido su análisis puede desecharse.

Previo al iniciar la elaboración de laminillas permanentes hay que separar la planta en sus diferentes órganos como son: tallos, hojas, flor, fruto y semilla, y ponerlo a secar a cada uno. Esta separación tiene como finalidad, determinar las características anatómicas de la epidermis de cada órgano, para estar en condiciones de poder identificar a que órgano pertenecen las partículas epidérmicas en las muestras de la dieta. Esta información permite cuantificar el consumo por órgano de la planta.

La técnica microhistológica tiene muchas ventajas para determinar la composición botánica de la dieta. No obstante, para su aplicación se enfrentan las siguientes dificultades: a) se requiere de equipo de laboratorio; b) debe contarse con una colección de referencia; c) el observador tiene que estar entrenando en la identificación de los fragmentos vegetales; d) la identificación de las plantas es laboriosa y consume tiempo; e) en muchos casos llegar hasta el nivel de especies es difícil e inclusive algunas veces se complica a nivel de género; f) es necesario tener el suficiente cuidado para evitar la pérdida de fragmentos vegetales durante la preparación de laminillas y, g) la identificación de los fragmentos vegetales se complica cuando no se siguen procedimientos adecuados en la colección y procesamiento en las muestras (González y Améndola, 2010).

3.6 Componentes tóxicos presentes en la dieta del ganado bovino en pastoreo

La utilización de árboles y arbustos forrajeros han recibido considerable atención por las siguientes ventajas: disponibilidad en las unidades de producción, accesibilidad, proporcionan variedad a la dieta, tienen influencia laxativa en el tracto digestivo, reducen costos de alimentación y son fuente de nitrógeno, energía, minerales y vitaminas (Devendra, 1990).

Sin embargo; estas fuentes de alimento son generalmente ricas en factores antinutricionales, particularmente en taninos, la cantidad de taninos que contienen varía ampliamente y en gran parte son impredecibles, siendo tóxicos para los animales e incluso pueden causar la muerte (Makkar, 2003). Según Makkar, (1993) los factores antinutricionales pueden ser divididos en tres grandes grupos: Los que impiden la utilización de la proteína y deprimen la digestión como los inhibidores de proteasas, los taninos (fenoles), las saponinas, las lectinas entre otros; los captadores de iones metálicos: oxalatos, fitátos, gossipol, glucocinolatos, entre otros: las anti vitaminas y otros, (micotoxinas, cianogénicos, nitratos, alcaloides, agentes fotosensibilizadores).

Los taninos son compuestos polifenólicos que se originan en las plantas, los cuales son de dos diferentes tipos, taninos hidrosolubles (poliesteres de ácido gálico y varios azúcares individuales), y taninos condensados (polímeros de flavonoides). Los efectos antinutritivos de los taninos son asociados con su habilidad para combinarse con la proteína dietaria, polímeros tales como la celulosa, hemicelulosa, pectina y minerales, de esta manera retardando su digestión (McSweeney *et al.*, 2001).

3.7 Suplementación de animales en pastoreo

La suplementación en pastoreo tiene como objetivo aumentar la producción de leche por vaca y por unidad de superficie (a través de incrementar la carga ganadera); mantener o mejorar el estado corporal de los animales en épocas de limitado crecimiento de pasto; aumentar la

persistencia de la lactación en épocas de bajo crecimiento herbáceo y aumentar el contenido de proteína en leche mediante el empleo de suplementos energéticos. Sin embargo, la suplementación con concentrados reduce la ingestión de pasto por un efecto de sustitución, siendo menor cuando la oferta de pasto es alta y las respuestas del concentrado en producción de leche disminuyen (Peyraud y Delaby, 2001).

Cuando la disponibilidad de pasto incrementa, la tasa de sustitución por concentrados u otros suplementos aumenta. Así, por ejemplo, Meijs y Hoekstra (1984) señalan para vacuno lechero y según la disponibilidad de pasto alta o baja, obtuvieron tasas de sustitución de 0,50 y 0,11 kg de materia seca de pasto por kg de materia seca de concentrado respectivamente.

En estudios de pastoreo donde se evaluó el efecto de la oferta de pasto sobre la tasa de sustitución y la respuesta a la suplementación en vacas lecheras de alta producción, señalaron que TS aumenta y la respuesta a la suplementación disminuyó a medida que la oferta de hierba por hectárea aumenta. Estos estudios demostraron relaciones negativas entre respuesta a la suplementación (RS, kg leche/kg de suplemento) y tasa de sustitución: $RS = 1,71 - 2,01 \times TS$; $r^2 = 0,43$, indicando que, a menor tasa de sustitución, mayor respuesta en leche (Kolver y Muller 1998a).

El tipo de concentrado es una variable que afecta al tiempo de pastoreo, cuando los concentrados están basados en cebada o maíz, el tiempo se reduce en 8,8 minutos/día; 22 minutos/día cuando se suplementa con pulpa de remolacha y 14,7 minutos/día con harina de soja (Bargo *et al.*, 2002a). Cuando se incrementa el suministro de concentrado a vacas en pastoreo, el tiempo dedicado a pastar se reduce, sin afectar al número de bocados por minuto (Bargo *et al.*, 2002a; Gibb *et al.*, 2002), estimados en 16,24 minutos de pastoreo por kg de concentrado administrado. Por el contrario, el concentrado no afecta al consumo de materia seca

por bocado. El tiempo medio de pastoreo al día para las vacas que no reciben suplementación es estimado en 594 minutos (Bargo *et al.*, 2002a).

3.8 Uso de concentrados en la alimentación de bovinos en pastoreo

En el sur del Estado de México el sistema doble propósito desarrollado en esta zona basa su alimentación en pastoreo directo de praderas permanentes. La producción es dependiente, en gran medida del consumo y calidad del forraje disponible (Webster, 1993). Teniendo como desventaja la marcada estacionalidad, donde en época de lluvias los animales tienen gran disponibilidad de forraje y en la época de secas los animales son suplementados con concentrados que van desde 4 a 9 kg/vaca/día (Albarrán *et al.*, 2009).

Además de la digestibilidad, la ingestión de pasto está afectada por la hierba en oferta, el tipo y cantidad de concentrado, la selectividad en el pastoreo, la apetecibilidad, el tipo de especies presentes, etc. La respuesta marginal en producción de leche al incrementar el concentrado de la dieta ha sido descrita como curvilínea, disminuyendo el incremento marginal en leche por kilo de concentrado a medida que éste aumenta (Kellaway y Porta, 1993). Por su parte St-Pierre (2001) encontró una regresión de tipo lineal entre la producción de leche (PL, kg/d) y el consumo de concentrado (CC, kg/d) del tipo: $PL = 22,2 + 1,03 CC$ ($r^2 = 0,95$), lo que indica una respuesta de 1,03 kg de leche por kg de concentrado.

La ingestión de materia seca se ve influenciada por el tipo de concentrado suministrado a las vacas. Así, Meijs (1986) ofreciendo 5,4 kg MO/d de dos tipos de concentrados (alto contenido en almidón o en fibra) a vacas lecheras, observó que 1 kg de MO de concentrado de alto contenido en almidón sustituía a 0,45 kg de MO de hierba y 0,21 para el concentrado fibroso. Esta diferencia es imputable al alto contenido en sustancias fácilmente fermentables, como azúcares solubles y almidón que tienden a descender el pH del rumen e incrementar la concentración de ácidos grasos volátiles (principalmente láctico), dando origen a una disminución

de la actividad de los microbios celulíticos, favoreciendo una menor tasa de paso de partículas fibrosas a través del retículo-rumen.

3.9 Uso de concentrados en la alimentación de bovinos en pastoreo

La alimentación de las vacas en lactación debe hacerse tomado en cuenta

3.9.1 Edad

Las vaquillas de primera y segunda lactancia tienen requerimientos de mantenimiento superiores a la de las adultas, en un 20 y 10% respectivamente (Pérez, 1982).

3.9.2 Etapa reproductiva

Las etapas son tres y se relacionan con la curva de producción de leche.

Primera etapa. Los requerimientos energéticos de la vaca son varias veces mayores que los de mantenimiento, sin embargo, la curva de consumo de alimento (máxima de consumo de las 13 a las 15 semanas) no se mantiene paralela a la de producción de leche (máxima de producción de las seis a las ocho semanas posparto), los animales bajan hasta 50 a 70 kg de peso.

Segunda etapa. Existe un equilibrio entre los requerimientos y el consumo, lo que estabiliza el peso del animal a lo largo de ella. El concentrado se proporciona de acuerdo con la producción

Tercera etapa. Es la etapa más larga, se presenta durante el periodo de descenso de la producción de leche. El animal está consumiendo más de lo que requiere ayudándole al animal a recuperar el peso perdido e incluso a acumular grasa que requerirá como reserva para la siguiente lactación (Pérez, 1982).

3.9.3 Consumo voluntario (CV) de alimento

El CV se define como el peso consumido por un animal durante un periodo, en el cual tienen libre acceso a este (Forbes, 1995).

El CV es probablemente el factor más importante desde el punto de vista de la productividad pecuaria, ya que todos los demás parámetros (ganancia de peso, producción de leche, etc.) dependen de forma directa de este. En general se busca que el animal consuma más, ya que esto se traduce en mayor producción (Shimada, 1984).

3.9.4 Calidad y composición de la leche

La cantidad de leche producida y sus componentes, presentan variaciones importantes en función de factores genéticos y ambientales. Dentro de los factores genéticos más importantes se encuentran el efecto de la vaca. Dentro de los factores ambientales el más importante es la alimentación, otros factores que determinan la composición de la leche son la condición corporal, el momento del ordeño, el número de ordeños, etapa de lactación, número de partos, estación de parto, y los elementos del clima como son la temperatura y la precipitación pluvial (Villegas, 2003).

3.10 Componentes de la leche

3.10.1 Agua

El contenido de agua en la leche ideal es de 87%. Este porcentaje varía cuando se alteran las cantidades de cualquiera de los otros componentes de la leche. Entre 10 y 15 % restantes son sólidos disueltos, y son parte muy importante de la fracción nutritiva de la leche (Ávila, 1998).

3.10.2 Sólidos totales

El contenido de sólidos totales está formado por fracciones de grasa, proteína, lactosa y minerales, estos son los responsables del valor nutritivo y económico de la leche (Chi, 2006).

3.10.3 Sólidos no grasos

Es el contenido total de sólidos menos la fracción de grasa. La cantidad de sólidos no grasos (SNG) también dependen de la raza de la vaca (Gasque y Blanco, 1995).

3.10.4 Grasa

La grasa de la leche se caracteriza por contener triglicéridos, el 50% de los ácidos grasos, son de cadena corta y el resto de cadena larga. Otra característica de la leche, es la elevada cantidad de ácidos grasos saturados (Ávila, 1998).

3.10.5 Proteína

La leche contiene principalmente cuatro tipos de proteínas, las cuales son caseína (82 %), a- lactoalbumina, B-lactoglobulina e inmunoglobulina. También se encuentran otras sustancias en pequeñas cantidades como son las enzimas, nitrógeno no proteico como urea, creatina y ácido úrico, entre otros (Ávila, 1998).

3.10.6 Densidad

La densidad de la leche no es un valor constante, está determinado por la concentración de los elementos disueltos y en suspensión (sólidos no grasos) la densidad varía según la concentración de estos (Chi, 2006).

3.10.7 Crioscopia

Es el punto de congelación o punto crioscópico. Esta es la propiedad menos variable de la leche. Además, es la forma física para determinar si la leche esta adulterada con agua (Ramos, 1976).

3.10.8 pH

El pH normal de la leche de vaca es de 6.6 a 6.8, en la leche fresca no hay ácido láctico pero este ácido se produce cuando las bacterias contaminan la fermentación de la lactosa de la

leche. Valores más altos de 6.8 generalmente denotan mastitis, y menos de 6.5 indican la presencia de calostros o fermentación ácido-láctico (Santos, 1992; Gasque y Blanco, 1995).

3.10.9 Nitrógeno Ureico en leche (NUL)

El NUL es el resultado de la difusión del contenido de urea del suero sanguíneo a través de las células secretoras de la glándula mamaria, constituyendo una fracción variable del nitrógeno total de la leche. Su contenido representa alrededor del 50% del nitrógeno no proteico y alrededor del 2.5% del nitrógeno total (DePeters y Ferguson, 1992). La proporción del NUL con otros componentes nitrogenados de la leche no es constante. El nitrógeno de la leche está presente en tres fracciones principales: Caseína, que constituye el 77.9, nitrógeno de la proteína del suero, que representa el 17.2%, y nitrógeno no proteico, que es el 4.9% (Cerbulis y Farrell, 1975). El nitrógeno ureico en leche (NUL), es una fracción variable del nitrógeno no proteico de la leche que puede estar entre el 12 y 17% (Roseler *et al.*, 1993).

La aplicación más común del NUL es el análisis de la respuesta biológica (tanto productiva como reproductiva) a la suplementación, al manejo de forrajes y a la calidad de estos (Roseler *et al.*, 1993).

3.10.10

La sobrealimentación con PC incrementa costos de producción, disminuye la eficiencia de utilización de nutrientes (Tamminga *et al.*, 1992), disminuye la fertilidad en vacas (Raja-Schultz *et al.*, 2001), además de producir pérdidas de nitrógeno (N) de la dieta, que son excretados vía heces y orina contaminando cuerpos de agua.

Varias publicaciones de investigadores de diferentes lugares del mundo han mostrado relaciones entre los contenidos de urea en la leche y los niveles de proteína en la dieta, nivel energético de la ración o relaciones de proteína y energía (Wright *et al.*, 1998; García Bojalil *et al.*, 1998; Oltner y Wiktorsson, 1983).

Esparza (2012), comparó la respuesta productiva de vacas lactantes en un sistema de doble propósito, a dos niveles de PC (14 vs 16%) en el suplemento (5kg/vaca/día), encontrando que no existió diferencia significativa en la respuesta productiva de vacas que consumieron suplemento con 14% respecto de vacas que consumieron suplemento con 16% de PC.

Entre los resultados de Esparza (2012), se encontró que los niveles de nitrógeno ureico en leche (NUL), estaban muy por encima de los valores promedio reportados en la literatura (25.1 vs 16.0 mg/dl). El NUL proviene de la urea y es el producto final del metabolismo de proteína, por lo que excesos de proteína en la dieta que no son utilizados por el animal son descompuestos ha amoniaco, al ser éste tóxico para el organismo, es convertido en urea a través del hígado; por lo que la urea puede ser medida tanto en sangre como en leche. El nitrógeno ureico en leche (NUL), es una herramienta que se utiliza para monitorear la eficiencia de utilización de la proteína de la dieta; así como también puede ser utilizado como un indicador de los niveles de excreción de nitrógeno vía orina y heces, debido a la alta correlación que existe entre estos (Davidson *et al.*, 2003).

El primer aporte de amoniaco se produce en el rumen cuando los microorganismos no tienen la suficiente energía para utilizar el exceso de N del alimento. El segundo aporte se presenta con la disminución del exceso de aminoácidos absorbidos en el intestino delgado, luego de un flujo del rumen superior a las necesidades del animal.

Hof *et al.* (1997) reportaron contenidos promedios de MUN de 12.6 mg/dl en ensayo con 125 vacas que consumieron 13 raciones balanceadas con diferentes relaciones de proteína y energía, como conclusión de su investigación recomendaron la validez de la determinación de urea en leche como índice para evaluar la eficiencia de utilización del nitrógeno en vacas lecheras.

3.11 Valor nutritivo de la dieta de los animales

El desarrollo de la ganadería requiere de una base sólida, científica y técnica que permita la comprensión profunda y completa de los procesos involucrados en la alimentación animal y, como ellas pueden correlacionarse eficazmente con técnicas sencillas, precisas y rápidas de evaluación de alimentos, de bajo costo y que faculten a predecir los resultados en el comportamiento animal (Gutiérrez, 1996)

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 (Hodgson, 1990; citado por Hernández, 1996).

Para que un forraje sea de una gran calidad deberá presentar valores altos de: consumo, digestibilidad, y eficiencia de utilización (Waldo y Jorgensen, 1981).

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 (Galyean, 1980).

Burns (1978), estableció que la aparición de ciertos constituyentes químicos en los forrajes tales como los terpenoides, fenoles, alcaloides, flavonas y otros, pueden afectar sensiblemente el consumo y la digestibilidad.

El consumo de forraje está muy relacionado a la digestión de la fibra, la cual a su vez está limitada por la tasa de desaparición del material a través del tracto digestivo (Mertens, 1973). La fibra detergente neutro (FDN), está inversamente relacionada con el consumo y la digestibilidad de los forrajes (Burns 1994).

Mertens y Elly (1982), sugirieron que el tiempo de retención en todo el tracto digestivo está influenciado por el nivel de consumo, las características físicas de la dieta y el tiempo de rumiación.

3.12 Métodos para estimar el valor nutritivo de los alimentos

La respuesta productiva de los rumiantes, está en función del valor nutricional de la dieta que consumen. La evaluación nutricional puede realizarse por métodos *in vivo*, *in situ* e *in vitro* (Pedraza, 2001).

Los métodos de laboratorio para estimar el valor nutritivo de los alimentos eran medidos en unidades de paja, posteriormente el análisis químico proximal (AQP) y fraccionamiento de fibras, (Van Soest *et al.*, 1991), la bolsa en rumen o *in sacco* (Mehrez y Ørskov, 1977) es posiblemente la más utilizada para la evaluación el valor nutritivo de los alimentos. La técnica de digestibilidad *in vitro* (Tilley y Terry, 1963), el método enzimático (Jones y Hayward, 1975), la técnica de simulación del rumen, RUSITEC (Czerkawski y Brekenridge, 1977), así como la técnica de producción de gas *in vitro* (Menke y Steingass, 1988) son las herramientas actuales utilizadas en la evaluación de alimentos ayudaron a una mejor cuantificación de las propiedades químicas del alimento.

Nos enfocaremos a las técnicas de AQP y fraccionamiento de fibras y el de producción de gas *in vitro* siendo estos de mayor interés para nuestra investigación.

3.12.1 Análisis químico proximal (AQP)

3.12.1.1 Composición química bromatológica de los alimentos

El esquema se basa en la determinación de los principios inmediatos (agua, materias minerales, prótidos, lípidos e hidratos de carbono), estimadores que se corresponden, en gran medida, con los principios nutritivos de los alimentos (Humedad, Cenizas, Proteína Bruta, Extracto Etéreo, Fibra Bruta y Extracto no nitrogenado).

a) Materia seca (MS)

Los alimentos contienen una cierta cantidad de agua, en estado libre y combinado. La desecación de muestras de alimentos con alto contenido de humedad detiene los mecanismos de respiración celular, favorece la conservación y facilita el proceso de molienda. Las muestras que deban ser sometidas a análisis posteriores deben ser secadas a 60°C hasta peso constante. Sin embargo, la desecación de un alimento y posterior exposición a las condiciones ambientales, permite la fijación de vapor de agua procedente de la atmósfera. Por lo tanto, se requiere la determinación final de la materia seca (%), sobre muestra molida, a 105°C-24 h.

Para la determinación de la Materia Seca (MS) de los alimentos existen varios métodos: Desecación en estufa bajo determinadas condiciones (muestra molida a 105°C por 24 h), evaporación de agua en un liofilizador, desecación rápida mediante la acción de rayos infrarrojos (McDonald *et al.*, 1991)

b) Elementos minerales

La materia viva encierra una variable proporción de sales minerales, que se encuentran en su mayoría disociadas, formando cationes y aniones. En el caso particular del azufre y del fósforo, estos elementos pueden encontrarse en forma orgánica o inorgánica. Una cierta proporción de estos minerales se halla en cantidades apreciables (macrominerales) y otros en pequeña cantidad o, incluso, trazas (oligoelementos): macrominerales (calcio, magnesio, sodio, potasio, fósforo, cloro, azufre) y microminerales (hierro, cobre, zinc, cobalto, molibdeno, yodo, flúor, silicio, boro. La fracción mineral de los alimentos recibe la denominación de "Cenizas" y reviste un gran interés desde el punto de vista nutritivo.

Las cenizas se expresan como % sobre materia seca o gramos/kg de alimento natural. El complemento a 100%, se denomina "Materia Orgánica".

La fracción "Cenizas" representa el residuo inorgánico del alimento después de su combustión en horno de mufla (550°C; 3 h).

A temperaturas superiores a 550°C pueden volatilizarse algunos elementos minerales (cloruros, sodio, potasio, fósforo y azufre). Por otra parte, las cenizas pueden incluir productos de origen orgánico como el azufre de las proteínas (Escamilla *et al.*, 2000)

c) Proteína bruta (PB)

Se define como el contenido en nitrógeno total (NT) multiplicado por el factor 6,25. En algunos casos particulares, se utiliza un factor diferente: Leche y caseína (6,39), Colágeno (5,52), Harina de Trigo (5,75), Gelatina (5,55), etc. Debe considerarse que el término proteína bruta (PB) engloba todas las formas posibles de nitrógeno (excepto N-NO₃ y N-NO₂).

El método Kjeldahl constituye el método oficial para la determinación nitrógeno total (NT). Habitualmente, la mayor parte del nitrógeno determinado en los alimentos está bajo forma de proteína verdadera. Sin embargo, algunos alimentos pueden presentar una fracción cuantitativamente importante de nitrógeno no proteico (NNP).

La determinación del NT se realiza por transformación de las diversas formas de nitrógeno orgánico en sulfato de amonio, mediante la acción del ácido sulfúrico en ebullición en presencia de sulfato de potasio (eleva la temperatura) y de un catalizador (sulfato de cobre). El resto de la materia orgánica se descompone hasta la formación de anhídrido carbónico y agua. Posteriormente, el ion amonio se convierte en amoníaco en medio alcalino el cual es destilado en una solución de ácido bórico. El amonio presente en la solución de ácido bórico es titulado con ácido sulfúrico estandarizado. También puede determinarse por un electrodo ion selectivo, métodos colorimétricos, combustión, etc.

Las formas de NNP pueden ser bien utilizadas por los rumiantes, pero su utilidad alimenticia en monogástricos es escasa o nula. Las formas de nitrógeno N-NO₃ y N-NO₂ presentan utilidad nula en monogástricos y muy escasa en rumiantes resultando tóxicas a partir de cierto nivel (Church, 1992)

d) Extracto etéreo (EE)

La determinación del EE pretende estimar el contenido en lípidos del alimento.

Los lípidos son sustancias solubles en disolventes orgánicos e insolubles en agua. La determinación consiste en un proceso de extracción cuantitativa en presencia de un solvente orgánico y se realiza habitualmente mediante extractores de reflujo especiales (extractores Soxhlet) durante 6 h.

Las clorofilas, pigmentos vegetales, vitaminas liposolubles, alcoholes, ácidos orgánicos, etc. también presentan la propiedad de ser solubles en solventes orgánicos. Por otra parte, los fosfolípidos no son totalmente solubles en dichos disolventes.

La determinación del EE con hidrólisis ácida se aplica a ciertos alimentos como productos de origen animal, residuos de maltería y destilería, productos lácteos y derivados de panadería, balanceados enriquecidos en grasa, etc. El procedimiento más efectivo consiste en realizar una extracción previa con solvente, después una hidrólisis en caliente con ácido clorhídrico (3N) y, a continuación, una nueva extracción con solvente (Escamilla *et al.*, 2000)

3.12.2 Fraccionamiento de la fibra: Método Van Soest (1991)

La valoración de los contenidos en fibra bruta (FB) y extracto no nitrogenado (ENN) no separa correctamente las fracciones digerible e indigerible de los hidratos de carbono presentes en el alimento. Van Soest desarrolló el concepto de fibra detergente neutro basándose en la anatomía de la célula vegetal. En la pared celular se localizan las sustancias menos

digestibles: la celulosa ligada a lignina dentro de una matriz de hemicelulosa, pectina y goma vegetal.

a) Fibra detergente neutro (FDN)

El sistema analítico pretende determinar el contenido de pared celular o residuo FDN mediante la solubilización del contenido celular (CC).

El tratamiento del material vegetal con una solución de sulfato de lauril sódico, tamponada a $\text{pH } 7.0 \pm 0.1$, en ebullición suave, durante 1 h, permite recuperar la fracción FDN, a excepción de las pectinas.

b) Fibra detergente ácida (FDA)

En un análisis secuencial (AS) de los componentes de la pared celular vegetal, la fibra detergente ácido (FDA) representa principalmente una fracción compuesta de lignina, celulosa, minerales, cutina y algunas hemicelulosa.

En un AS, la fibra detergente ácido corresponde al residuo que queda después de tratar la fracción FDN con una solución de bromuro de cetil trimetil amonio en ácido sulfúrico (1N), en ebullición suave, durante 1 h. El análisis secuencial de una muestra de alimento permite una estimación más precisa del contenido de hemicelulosa.

c) Lignina ácido detergente (LAD)

La lignina es virtualmente indigestible y obstaculiza la digestión de la celulosa y otros componentes de la pared celular. La lignina ácido detergente (LAD) se denomina también lignina sulfúrico o lignina Klason.

El tratamiento del residuo de fibra detergente ácido con ácido sulfúrico al 72% disuelve la celulosa y la cutina y deja como residuo la lignina con productos de Maillard y cenizas.

En aquellos alimentos que contienen una elevada cantidad de cutina (orujo de uva, orujo de aceituna, etc.) puede ocurrir que la solución de ácido sulfúrico no la disuelva y, por lo tanto, se sobreestima el valor de LAD. Para evitar este problema se puede determinar el contenido en cutina y efectuar la corrección del valor LAD (Jung y Allen, 1995).

3.12.3 Digestibilidad *in vitro* con la técnica de producción de gas

El método *in vitro* simula los procesos ruminales digestivos, colocando muestras con líquido ruminal y saliva artificial, se determina la cantidad de gas producido como índice de la fermentación del alimento (Fondevila y Barrios, 2001)

La técnica de producción de gases es la técnica más utilizada para la determinación del valor nutricional del alimento determina la cinética de degradación del alimento a través del volumen de gas liberado, directamente como un producto de la fermentación, principalmente cuando se produce mayor proporción molar de acetato y butirato e indirectamente desde la neutralización del fluido ruminal (Pedraza, 2001; Posada y Noguera, 2005). Emplea sustratos molidos, medio anaeróbico, temperatura de 39°C e inóculo ruminal (Williams, 2000). La técnica mide el volumen de gas a presión atmosférica constante, la presión de gas a un volumen fijo, o hace una combinación de ambos procedimientos; disponiendo para tal efecto de metodologías manuales, semiautomáticas y automáticas.

La técnica de producción de gases a diferencia de otras técnicas *in vitro* e *in situ*, no sólo determina la extensión, sino también la cinética de degradación del alimento a través del volumen de gas liberado, directamente como un producto de la fermentación, principalmente cuando se produce mayor proporción molar de acetato y butirato e indirectamente desde la neutralización del fluido ruminal (Pedraza, 2001; Posada y Noguera, 2005). Al igual que otras técnicas de bioensayo, la técnica de producción de gases emplea sustratos molidos, medio anaeróbico, temperatura de 39°C e inóculo ruminal (Williams, 2000).

El primer uso de esta técnica fue para evaluar el valor energético de los forrajes, no obstante, ha sido también utilizada para evaluar la presencia de compuestos anti nutricionales en algunos alimentos (Davies *et al.*, 1999).

Los perfiles de producción de gas obtenidos pueden ajustarse a diferentes ecuaciones para resumir la información cinética, permitiendo la comparación de los sustratos, la evaluación de diferentes ambientes de fermentación y la obtención de las tasas de fermentación de los constituyentes solubles y estructurales. Si determinaciones gravimétricas son realizadas a determinados intervalos de tiempo, la producción de gas por unidad de materia seca o de materia orgánica puede ser cuantificada.

Algunos de los factores que afectan la producción de gas es el tipo de sustrato, especie animal donadora del inóculo, manejo del inóculo, tipo de alimentación de la especie donadora, pH del medio nutritivo y buffer utilizado (Posada y Noguera, 2005).

En la técnica de producción de gas *in vitro* publicada por Menke y Steingass (1988); el sustrato es incubado en jeringas de vidrio calibradas, en la cual el desplazamiento del pistón, permite realizar mediciones del volumen de gas producido durante un periodo de 96 horas. El medio de incubación incluye líquido ruminal, solución de nutrientes y buffer (Pedraza, 2001). Para forrajes el tiempo de lectura generalmente utilizado es después de 3, 6, 12, 24, 48, 72 y 96 h (Menke y Steingass, 1988).

Una mejora a la técnica de producción de gas *in vitro* fue propuesta por Theodorou y colaboradores en 1994, donde sustituye a las jeringas por botellas cerradas y la lectura del gas producido se realiza por medio de un transductor de presión.

La técnica de producción de gas *in vitro* genera datos de cinética de degradación, pero midiendo la fermentación del alimento en lugar de su desaparición. Esta fermentación se mide grasos volátiles (Van Soest, 1994). En este sentido Menke y colaboradores en 1979, mencionan

que la cantidad de gas producido por incubación in vitro de un sustrato está íntimamente relacionado con su digestibilidad y por tanto con su valor energético.

IV. Hipótesis

- No existen diferencias en la composición botánica de la dieta de vacas en pastoreo en dos épocas del año (lluvias y secas) en una unidad de producción de doble propósito.

V. Objetivos

5.1 Objetivo general

- Determinar la composición de la dieta de vacas Pardo Suizo en lactancia en una unidad de producción de doble propósito en el suroeste del Estado de México, durante la época de lluvias (agosto, septiembre y octubre de 2011) y época seca (marzo, abril y mayo de 2012).

5.2 Objetivos específicos

- Identificar las especies presentes en el agostadero en la dieta de vacas Pardo Suizo en pastoreo en una unidad de producción de doble propósito en el municipio de Zacazonapan, México, durante la época de lluvias (agosto, septiembre y octubre de 2011).
- Determinar la Composición Botánica del agostadero (CBA) y la Composición Botánica de la Dieta (CBD) de vacas Pardo Suizo en pastoreo en una unidad de producción de doble propósito en el municipio de Zacazonapan, México, durante la época de lluvias (agosto, septiembre y octubre de 2011).
- Determinar el índice de preferencia de las especies que componen la dieta de vacas Pardo Suizo en pastoreo en una unidad de producción de doble propósito en el municipio de Zacazonapan, México, durante la época de lluvias (agosto, septiembre y octubre de 2011).
- Determinar las variables de respuesta productiva (producción leche (kg), Grasa (g/kg), proteína (g/kg), peso vivo (kg) y condición corporal (1-5 pts.)) de vacas Pardo Suizo en pastoreo en una unidad de producción de doble propósito en el municipio de Zacazonapan, México, durante la época de lluvias (agosto, septiembre y octubre de 2011).

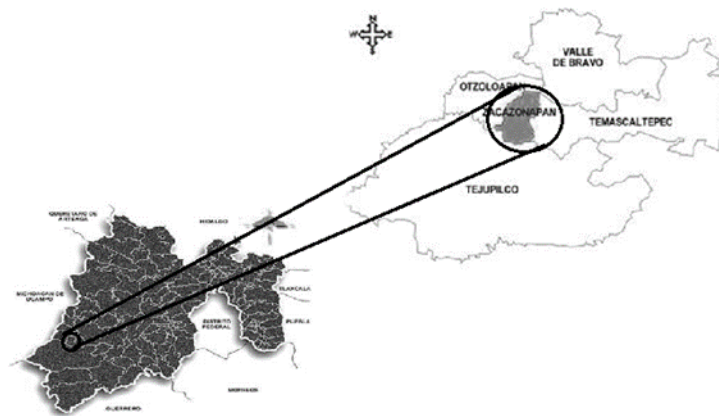
- Determinar la respuesta económica de costos y retornos (Kg leche producida, precio de venta/kg de leche, total de retornos en efectivo, costo de producción/kg de leche, costo total de producción, margen neto, margen/kg de leche) para la producción de leche de vacas Pardo Suizo en pastoreo en una unidad de producción de doble propósito en el municipio de Zacazonapan, México, durante la época de lluvias.
- Identificar la masa herbácea, material vivo, material muerto, hojas y tallo de las áreas de pastoreo de vacas Pardo Suizo en pastoreo en una unidad de producción de doble propósito en el municipio de Zacazonapan, México, durante la época de secas (marzo, abril y mayo de 2012)
- Determinar la Composición Botánica del agostadero (CBA) y la Composición Botánica de la Dieta (CBD) de vacas Pardo Suizo en pastoreo en una unidad de producción de doble propósito en el municipio de Zacazonapan, México, durante la época de secas (marzo, abril y mayo de 2012)
- Determinar la composición química (g/kg de MS) de la dieta de vacas Pardo Suizo en pastoreo en una unidad de producción de doble propósito en el municipio de Zacazonapan, México, durante la época de secas.
- Determinar el contenido de compuestos secundarios (g/kg de MS) presentes en la dieta de vacas Pardo Suizo en pastoreo en una unidad de producción de doble propósito en el municipio de Zacazonapan, México, durante la época de secas.
- Determinar las variables de respuesta productiva (producción leche (kg), Grasa (g/kg), proteína (g/kg), peso vivo (kg) y condición corporal (1-5 pts.)) de vacas Pardo Suizo en pastoreo en una unidad de producción de doble propósito en el municipio de Zacazonapan, México, durante la época de secas (marzo, abril y mayo de 2012)
- Determinar la contribución de consumo estimado de materia seca (MS), energía metabolizable (EM) (Mj=día) y proteína metabolizable (PM) (g/día) la dieta de vacas Pardo

Suizo en pastoreo en una unidad de producción de doble propósito en el municipio de Zacazonapan, México, durante la época de secas.

VI. Materiales y Métodos

6.1 Zona de estudio

El estudio se llevó a cabo en una unidad de producción doble propósito ubicada en el municipio de Zacazonapan, al suroeste del Estado de México, teniendo un clima cálido sub-húmedo, una altura de 1,470 m sobre el nivel del mar, con una temperatura media anual de 23°C (31°C máxima y 15°C mínima) y una precipitación anual de 1,800 mm. Existen especies propias de los bosques tropicales, caducifolios y bosques mixtos de árboles leguminosos (EEM, 2005).



6.2 Unidad experimental

Para la época de lluvias (agosto, septiembre y octubre de 2011) se seleccionaron cinco vacas pardo suizo multíparas de un hato de 25, con un peso de 400 kg \pm 50 kg, encontrándose en la primera mitad de lactación. Los animales permanecieron las 24 horas del día en una pradera de 100 ha.

Para la época de secas (marzo, abril y mayo de 2012) El hato estuvo conformado por 25 vacas Pardo Suizo en lactancia y sus crías, seleccionando 5 de estas. Además, había vacas secas y un semental, para un total de 60 animales. El ordeño se realizó una vez al día, entre las 7:00 y las 9:00 h. Durante el ordeño, las vacas recibieron 4.5 kg de materia seca (MS) por vaca por día de suplemento y tuvieron acceso a agua dentro de los potreros mediante un canal de flujo continuo. El suplemento consistió en una mezcla de mazorca de maíz quebrada con hoja y pasta de soya, con un contenido de 14% de proteína cruda.

6.3 Periodos experimentales

El estudio se realizó en la época de lluvias (agosto, septiembre y octubre de 2011) y en la época de secas (marzo, abril y mayo de 2012). Para ello se utilizó un agostadero, donde pastorean continuamente cinco vacas adultas pardo suizo multíparas, con un peso, características fisiológicas y de producción similares, encontrándose en la primera etapa de lactación.

6.4 Composición botánica del agostadero (CBA)

El muestreo de la CBA se midió en cada periodo durante los cinco días finales de éste. Durante el muestreo, se hizo una observación directa de las vacas durante el pastoreo, como ayuda para identificar de manera visual que especies consumieron. Previo a la toma de datos se colectaron dos muestras completas por especie se hizo utilizando el método del cuadrante. Para ello se utilizó un cuadrante metálico (0.50 X 0.50 m) para contabilizar las especies. La primera se utilizó para la realización de las muestras patrón (laminillas permanentes), de las especies de plantas presentes en el área de estudio. De estas se procedió a separar cada especie por tallo, vaina, lámina e inflorescencia, con el objetivo de facilitar la identificación específica. La segunda se hizo para realizar la identificación taxonómica de cada una de ellas.

6.5 Composición botánica de la dieta (CBD)

Con el propósito de que el análisis de la dieta fuera representativo de la CBA, las muestras de heces se recolectaron en el mismo periodo en que se realizó la evaluación botánica del agostadero. Las muestras de heces se tomaron directamente del recto de cada animal, estas se deshidrataron en una estufa de aire forzado a 70°C, 48 h, y posteriormente fueron molidas en un molino Willey con una malla de 1mm.

Posteriormente, se procedió a la elaboración de las laminillas temporales (González y Améndola, 2010).

Las especies que queden dentro de los campos de las laminillas fueron contabilizadas para obtener la CBD.

Se prepararon 14 portaobjetos por muestra, por periodo de heces del animal, en los cuales se evaluaron 280 campos en microscopio óptico de 10X. En cada campo se determinó la frecuencia relativa (Fr), densidad relativa (Dr) y tasa de selección (TS) (Coates y Penning (2000).

6.5.1 Cuantificación de las especies identificadas en las laminillas

Para el análisis cuantitativo al microscopio se realizó a 100 aumentos: 10 aumentos del ocular por 10 del objetivo. Cada área circular comprendida en cada observación fija al microscopio a 100 aumentos constituyó un campo al cual se le denominó microparcela y representó una unidad de muestreo, cada laminilla se consideró una población de partículas. En cada laminilla se distribuyeron de forma uniforme 20 microparcels en forma sistemática, para que se pudieran distribuir 20 microparcels por laminilla.

Para evitar la repetición de lecturas en campos ya examinados, se marcaron y numeraron con anticipación las 20 microparcels en el cubreobjetos (24x40mm) antes de realizar el montaje de las laminillas.

Una vez marcadas y montadas las laminillas se inició el conteo de frecuencias de las especies presentes en las laminillas, cabe mencionar que solo fueron las frecuencias y no la densidad, como lo refiere Sparks y Melecheck (1968), en las observaciones solo se registró la presencia de las diferentes especies y no se lleva registro del número de partículas de cada especie. Esto debido a que de esta forma se evitó tratar de identificar partículas sin características determinadas y por tanto se redujo el tiempo por observación (González-Embarcadero, 2010).

La identificación se llevó a cabo principalmente a partir de fragmentos epidérmicos solos o acompañados de tricomas, estomas, cristales o glándulas, en caso de que se observaran tricomas dispersos que no estuvieran adheridos a fragmentos no se contabilizaron, los registros se realizaron en una plantilla de registro previamente elaborada (Anexo 1).

Conversión de frecuencia acumulada a densidad relativa.

Se determinó la densidad relativa a partir de la frecuencia acumulada ya que es el dato básico para el cálculo de la composición botánica, el cálculo se realizó de la siguiente manera:

$$F = FA/N$$

Dónde:

F= Frecuencia relativa.

FA= Frecuencia acumulada, que es la suma de los campos en que se le registró a la especie o componente.

N= Número total de campos analizados.

El siguiente paso fue convertir la frecuencia relativa en densidad con la siguiente formula:

$$D = No.plantas^{-ln}(1 - F)$$

Dónde:

D= Densidad.

No. Plantas= no. Plantas por m².

F= Frecuencia relativa.

Por último, se estimó la densidad relativa de la siguiente forma:

$$DR_a = D_a / \sum_1^n D_i$$

Dónde:

DR_a= Densidad relativa de la especie o componente a.

D_a=Densidad de la especie o componente a.

D_i= Densidad de cada una de las especies o componentes.

Finalmente, la DR se expresó en porcentaje y fueron los valores que se tomaron como composición botánica de la dieta de los animales.

6.6 Composición química y valor nutricional de las especies presentes en el agostadero

De cada periodo a las especies identificadas en el agostadero (Coates y Penning, 2000) se les determinó su composición química y valor nutricional.

A cada especie se le tomó una muestra de 250 g, ésta se secó a 60°C por 48 horas en una estufa de aire forzado y se molió en un molino Willey con criba de 1mm, para su análisis de proteína cruda (PC) (AOAC, 1984), contenido de fibra ácido detergente (FDA) y fibra neutro detergente (FDN) según Digestibilidad in vitro de la materia orgánica (DIVMO) con la técnica de Theodorou y colaboradores, (1994), mediante la fórmula $(16.49 + (9042 \cdot PG) + 0.0492 \cdot PC + (0.0387 \cdot GC))$, donde; PG: producción de gas en ml de 200 mg de muestra a las 24 h, PC: proteína cruda, y GC:

grasa cruda. La digestibilidad *in vitro* de la fibra detergente neutro (DIVFDN) se estimó mediante la técnica de Schopfield y Pell, (1995), y energía metabolizable (EM) se estimó multiplicando la DIVMO * 0.15 de acuerdo a la AFRC (1993).

6.7 Estimación del consumo de nutrientes

El consumo de materia seca (CMS) de las vacas se estimó de manera indirecta a partir del desempeño productivo de los animales, utilizando la composición nutricional del forraje y los suplementos, el PV, la CC y la producción y composición de la leche, con base en las estimaciones propuestas por la NRC, (2001). A partir de la composición nutricional de la dieta, se estimó la contribución del consumo de MS (kg MS/día), proteína metabolizable (PM; g/día) y energía metabolizable (EM; MJ/kg) provenientes de los suplementos y los forrajes a los requerimientos de las vacas. Con base en ello, se determinó la contribución de estos nutrientes a las necesidades de las vacas.

6.8 Medición de la respuesta productiva

6.8.1 Producción y composición química de la leche

Para que fuera representativo las muestras de leche se tomaron en el mismo periodo que se tomaron las muestras de CBP y CBD.

Se midió (kg/vaca/d-1) la producción de leche en los 5 días últimos de cada periodo. Posteriormente se tomaron una muestra representativa de leche de cada animal para que esta fuera analizada.

Las variables a analizar en la leche fueron: Proteína (g/kg-1), Lactosa (g/kg-1), Grasa (g/kg-1), Sólidos totales (g/kg-1), estas se analizaron con el equipo LACTOSCAN MILK ANALYZER®.

6.8.2 Peso (kg/vaca/d-1) y condición corporal (CC)

Los animales fueron pesados al inicio de cada toma de muestra de cada periodo.

La CC se hizo en forma visual y por palpación utilizando una escala de 1 a 5 (1 = flaca, 5 = gorda) (Ferguson *et al.*, 1994).

6.9 Compuestos secundarios

El total de fenólicos extraíbles (FT) se obtuvo por la dilución del extracto en un volumen igual de etíl acetato. A la fracción de etíl acetato soluble conteniendo los compuestos fenólicos se le hizo la medición colorimétrica utilizando reactivo 37 Folin-Denis, con un rango de recuperación que va del 95 al 100% (Xu y Diosady, 1997). Las saponinas (SAP) se valoraron de acuerdo a Ahmad y *colaboradores*, (1990). Después de la separación de los FT, se agregó un doble volumen de n-butanol para fraccionar las saponinas. Después de la separación de FT y SAP, el sobrante fue considerado como la fracción acuosa (FA) conteniendo esta lecitina polipéptidos y almidón (Hussein *et al.*, 1999).

6.10 Análisis económico

El análisis económico se realizó mediante la metodología de presupuestos por actividad, que permite determinar el costo de producción de leche considerando los costos y retornos económicos de la actividad de producción de leche, que en este casos fueron: alimentación, forraje de potrero, mano de obra (familiar y contratada), combustible, costos varios (i.e. asistencia técnica, medicinas etc.), y costos fijos (depreciación de instalaciones), de acuerdo a Wiggins *et al.* (2001), y Espinoza-Ortega *et al.* (2007).

El costo de alimentación por concepto de consumo de forraje se determinó a partir de lo siguiente. El productor dueño de la unidad de producción no incurrió en ningún gasto por concepto de mantenimiento de los pastizales dentro de los potreros, excepto en la reparación de cerco perimetral pero este costo está incluido en costos varios. No hay o por lo menos no ha hubo siembra de pastos en los últimos 10 años. Por lo que para asignar un costo al forraje que consumen los animales se preguntó que en caso de no contar con potreros ¿Dónde pastarán las

vacas?, ¿Cuánto pagó por vaca para tener acceso al potrero? A partir de lo anterior se determinó el costo por vaca para tener acceso al potrero por un año.

6.11 Diseño experimental

Las variables de la composición botánica del agostadero y de la dieta se analizaron utilizando una estadística descriptiva (Steel y Torrie, 1988).

Para la medición de las variables productivas. Se utilizó un diseño completamente al azar, de las especies presentes en los tres periodos. Los tratamientos fueron los periodos de muestreo (inicio, mediados y finales de lluvias y secas) y las especies las unidades de muestreo (Steel y Torrie, 1988).

El modelo estadístico utilizado fue

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = variable respuesta en tratamiento

i , repetición j ,

μ = media general

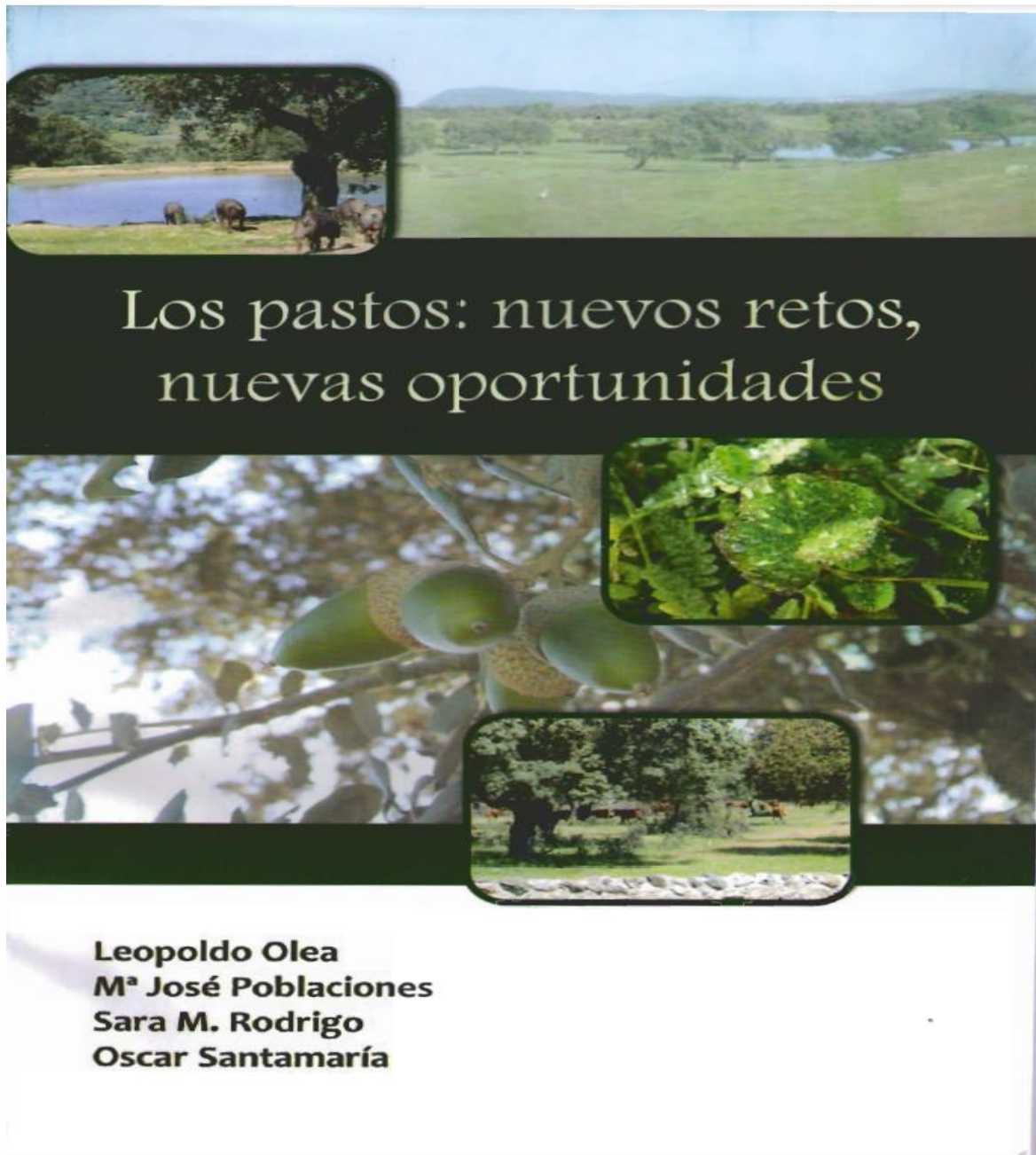
t_i = efecto del periodo ($j = 1, 2, 3$),

e_{ij} = error aleatorio.

Las variables respuesta animal fueron analizadas utilizando el procedimiento GLM, del paquete estadístico SAS (2010). La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tuckey ($P < 0.05$).

VII. Resultados

7.1 Capítulo del libro publicado. COMPOSICIÓN BOTÁNICA DE LA DIETA, RESPUESTA PRODUCTIVA Y ECONÓMICA DE VACAS EN PASTOREO EN LA ÉPOCA DE LLUVIAS, EN EL SUROESTE DEL ESTADO DE MÉXICO



© Los autores
© De la presente edición 1ª edición 2013

Edita: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos
Edición coordinada: M^a José Poblaciones Suárez-Bárcena
Sara M. Rodrigo
Óscar Santamaría Becerril

Maquetación: M^a José Poblaciones Suárez-Bárcena
Sara M. Rodrigo

Imágenes portada: Sara M. Rodrigo
Impresión: Marcipa

Depósito legal: BA-000184-2013
ISBN: 978-84-695-0909-3

Índice	III
Comité Científico	XI
Comité Organizador	XII
Entidades Colaboradoras	XII
Presentación	XIII

Primera parte
BOTÁNICA Y ECOLOGÍA DE LOS PASTOS

CAPÍTULO INTRODUCTORIO

¿Cómo se mide el estado de conservación de la dehesa? S. Roig Gómez, y A. San Miguel Ayanz.....	3
Diferencias en la riqueza genética de hongos y bacterias entre distintos hábitats pascícolas del entorno del macizo de Gorbeia M. Anza Hortalá, I. Martín Sánchez, I. Mijangos Amezaga y C. Garbisu Crespo.....	25
Respuesta del nitrógeno en el suelo y de las poblaciones microbianas edáficas a las quemas prescritas para mejora de pastos pirenaicos I. San Emeterio, L. Múgica, R. Gutiérrez, A. Juaristi, J. Pedro y R.M. Canals.....	33
Relaciones entre integral térmica y fenología en especies de pastos de puerto del Pirineo Central B. García-González y D. Gómez-García.....	41
Datos sobre los pastos del Valle de El Paular, Sierra de Guadarrama: manteniendo riqueza florística y uso tradicional G. Martínez-Sagarra, M.A. Minaya, P. Alonso, R. Caparrós, V. Lucía, D. Orgaz y C. Cebolla.....	49

Evolución de los pastos arbustivos y herbáceos en tres zonas del Parque Nacional de los Picos de Europa E. Alonso-González, S. González-Robinson y J.A. Oliveira-Prendes.....	57
Riqueza y diversidad de hongos endófitos en las principales especies de pasto de dehesa en Extremadura O. Santamaría, S. Lledó, S.M. Rodrigo, M.J. Poblaciones, T. García-White y L. Olea.....	65
Comparación del efecto fitotóxico de la alfalfa y esparceta sobre diferentes especies forrajeras C. Chocarro y J. Lloveras.....	73

Segunda parte

PRODUCCIÓN VEGETAL DE LOS PASTOS

CAPÍTULO INTRODUCTORIO

Los pastos y su importancia en la Comunidad de Extremadura. Métodos de mejora F. González López y V. Maya Blanco.....	83
Composición mineral del forraje de especies autóctonas de Lanzarote E.A. China, C. Batista, A. García-Ciudad y B. García-Criado.....	107
Uso de la tecnología NIRS como herramienta de predicción del contenido en proteína del triticale de doble aptitud R.A. Gallego Olivenza, D. Tejerina Barrado, V. Cruz Sobrado y F. Llera Cid.....	115
Efecto de la fertilización mineral combinada con micorrizas sobre la producción y el contenido en nitrógeno, fósforo y potasio del forraje de trigo A. García-Ciudad, M.A. Jiménez Mateos, B.R. Vázquez de Aldana, L. García-Criado, V.O. González Blanco y B. García-Criado.....	123
Evolución de la composición química de un cultivo de esparceta (<i>Onobrychis viciifolia</i> Scop.) y zulla (<i>Hedysarum coronarium</i> L.) a lo largo del primer ciclo vegetativo C. Muñoz, S. Demdoum, I. Delgado y D. Andueza.....	131
Re-ensilado de remolacha con alfalfa pre-desechada: efecto del contenido de humedad de la alfalfa en calidad del ensilado C. Valdés, S. Andrés, M.L. Tejido, R. García, A. Calleja, F.J. Giráldez y P. Llorente.....	139

Evaluación de variedades comerciales de sorgo forrajero en siembras tardías en la Galicia Atlántica: I. Rendimiento en materia seca C. Resch, M.J. Bande-Castro, S. Pereira-Crespo, B. Fernández-Lorenzo y G. Flores	117
Evaluación de variedades comerciales de sorgo forrajero en siembras tardías en la Galicia Atlántica: II. Composición química S.J. Bande-Castro, C. Resch, S. Pereira-Crespo, B. Fernández-Lorenzo y G. Flores.....	155
Cultivo de la esparceta (<i>Onobrychis viciifolia</i> Scop.) en el valle del Ebro: efecto de la inoculación con <i>Rhizobium</i> I. Delgado, F. Temprano, F. Muñoz y D.N. Rodríguez.....	163
El hongo endofítico <i>Epichloë</i> aumenta el contenido de nutrientes en <i>Festuca rubra</i> B.R. Vázquez de Aldana, A. García-Ciudad, I. Zabalgogezcoa, A. Álvarez y B. García-Criado	171
Evaluación preliminar del potencial forrajero del <i>Lathyrus sativus</i> L. en condiciones de secano Mediterráneo T. Carita, F. Llera Cid y M.M. Tavares de Sousa.	179
Producción y composición química del forraje en rotaciones de maíz con varios cultivos de invierno M.D. Báez Bernal, M.I. García Pomar, A. Louro López y J.F. Castro Insua.	187
Del laboratorio al campo: caracterización de ensilados de maíz con sensores NIRS portátiles J. Soldado, I. Fonseca, A. Martínez-Fernández, S. Madroño y B. De La Roza Delgado.....	195
Fenología de las gramíneas en tres épocas de aprovechamiento forrajero de los prados en la vertiente sur de la Cordillera Cantábrica (León) J. García, S. del Río, C. Valdés y S. López.....	203
Efecto de la fertilización nitrogenada y fosfórica sobre el estado de desarrollo de gramíneas de prados en la montaña de León R. García, S. del Río, I. Herrero y S. López.....	211
Comportamiento agronómico de la asociación forrajera haba-colza como alternativa invernal sostenible al raigrás italiano J. Martínez-Fernández, M. Benaouda, F. Próspero y F. Vicente.....	219

Efecto del abonado nitrogenado sobre el primer corte de primavera en un cultivo invernal de raigrás italiano J.A. Oliveira-Prendes, E. Afif-Khouri, P. Palencia-García y J.J. Gorgoso-Varela.....	227
Determinación de la curva de dilución de nitrógeno crítico y del índice de nutrición nitrogenada en triticale (cv. Verato) F. Llera Cid, V. Cruz Sobrado, A. De Santiago Roldán y R.A. Gallego Olivenza.....	235
Calidad del forraje de triticale de doble aptitud en función de la densidad de siembra, el número de cortes y la dosis de nitrógeno F. Llera Cid, V. Cruz Sobrado y R.A. Gallego Olivenza.....	243
Calidad de los pastos de la dehesa A. Espejo Gutiérrez de Tena, F. González López y M. Espejo Díaz.....	251
Estado actual de los ecotipos españoles cultivados de alfalfa I. Delgado, F. Muñoz y D. Andueza.....	259
Longitud del ciclo de floración de leguminosas pratenses anuales y su relación con el origen geográfico V. Maya Blanco, F. González López y A. González Martínez.....	267
Estimación de los efectos génicos en líneas puras e híbridos de maíz forrajero de alto valor nutritivo L. Campo Ramírez y J. Moreno-González.....	275

Tercera parte

PRODUCCIÓN ANIMAL CON BASE A PASTOS

CAPÍTULO INTRODUCTORIO

La ganadería extremeña J. Tovar Andrada y A.I. Rojas López.....	285
Influencia de los índices térmicos en la producción de cerdos ibéricos de "montanera" en la provincia de Badajoz (Extremadura, España) J. Gonzalo, M.J. Poblaciones, S.M. Rodrigo y L. Olea.....	305
Factores que influyen en el uso de praderas cultivadas por pequeños productores de leche del Altiplano Central Mexicano C.G. Martínez-García, C.M. Arriaga-Jordán, P. Dorward y T. Rehman.....	313

Análisis espectral NIRS de heces ovinas como indicador de la calidad del pasto consumido por ovejas A. Collado, M.A. Chaso, M.R. Pascual, M.J. Guerrero y P.L. Rodríguez.....	321
Contenidos de vitaminas A y E de la leche de cabra de la raza Payoya en sistemas de pastoreo tipo arbustivo-mediterráneo R. Gutiérrez, M. Delgado-Pertíñez, V.M. Fernández-Cabanás, Y. Mena y F.A. Ruiz.....	329
Caracterización del manejo alimentario y reproductivo de los sistemas caprinos pastorales de tipo arbustivo-mediterráneo R. Gutiérrez, Y. Mena, M. Delgado-Pertíñez, V.M. Fernández-Cabanás y F.A. Ruiz.....	337
Composición botánica de la dieta, respuesta productiva y económica de vacas en pastoreo en la época de lluvias, en el suroeste del estado de México F.S. Jiménez Peralta, I.G. Salas Reyes, M. González Ronquillo, A. González Embarcadero, C.M. Arriaga-Jordán y B. Albarrán Portillo.....	345
Variación estacional en la composición química y en el perfil de ácidos grasos de la leche de vaca A.I. Roca-Fernández y A. González-Rodríguez.....	353
Influence of <i>Rosmarinus officinalis</i> L. dietary supplementation on goats and sheep production S. Smeti, H. Hajji, N. Atti, F. Muñoz and M. Mahouachi.....	361
Composición de la dieta de las principales especies ganaderas en pastoreo mono-específico en pajonales altoandinos W. Arana, O. Sigvas, M. Espinoza, J. Contreras, E. Quispe, J. Cassinello, E. Serrano y J. Bartolomé Filella.....	367
¿Qué sabemos sobre el solapamiento de dietas entre herbívoros salvajes y domésticos? A.L. Gálvez Cerón, D. Gassó, E. Serrano, G. Mentaberre, X. Fernández Aguilar, L. Fernández Sirera, N. Navarro González, J.R. López Olvera, S. Lavín, I. Marco y J. Bartolomé Filella.....	375
Comparación del ramoneo entre la cabra salvaje mallorquina (<i>Capra aegagrus</i> Erxleben, 1777) y la cabra doméstica asilvestrada (<i>Capra hircus</i> L. 1758) en Mallorca L. Rivera Sánchez, E. Baraza Ruiz, A. Capó Rodríguez, J. Cassinello, W. Burgos-Paz y J. Bartolomé Filella.....	383

Efecto de la raza de vaca y del nivel de suplementación sobre la producción y calidad de leche en pastoreo	
A.I. Roca-Fernández, L. Delaby, A. González-Rodríguez, M.E. López-Mosquera, S. Leurent e Y. Gallard	391

Cuarta parte

SISTEMAS Y RECURSOS SILVOPASTORALES

CAPÍTULO INTRODUCTORIO

Sobre sistemas y recursos silvopastorales: debilidades, retos, compromisos y oportunidades	
J.L. González Rebollar	401
Análisis del potencial productivo de los pastos del área de esquí de la estación de Panticosa (Huesca) y su capacidad sustentadora de ganado	
O. Barrantes, R. Reiné, A. Broca y C. Ferrer	425
Ensayo de cultivos herbáceos con fines cinegéticos en la Marina de Lluçmajor (Mallorca)	
J. Frontera, B. Seguí, J. Gulías y J. Cifré	453
Aplicación de la tecnología NIRS para la valoración de la pulpa de bellota (<i>Quercus</i> spp.): utilización para la realización de inventarios regionales	
J. García-Olmo, A. Gómez-Cabrera, R. Navarro-Cerrillo, P. Fernández-Rebollo, I. Fernández-Caballero e I. Salcedo-García	444
Caracterización y valor fertilizante del digestato y de su fracción líquida procedentes de una planta de biogás	
J.M. Mangado y E. Zudaire	449
Implicaciones del manejo del ganado y los recursos en la dieta de la vaca avileña en una zona de la Sierra de Guadarrama	
T. Martínez y M. Abad	457
Estimación de la producción de pastos en dehesas mediante índices de vegetación	
J. Escribano y C.G. Hernández Díaz-Ambrona	465
Vegetación de áreas cortafuegos en pinares (<i>Pinus halepensis</i> Mill.) turolenses sometidas a pastoreo	
Ó. Reche Sabater y R. Fanlo Domínguez	473

Parámetros topográficos y de gestión que influyen en la producción y calidad forrajera en prados de montaña catalanes R. Fanlo Domínguez y C. Chocarro.....	481
Evaluación de riesgos de producción en pastos de dehesa mediante un modelo agro-económico C.G. Hernández Díaz-Ambrona, J.A. Escribano, K. Báez y E. Iglesias.....	489
Utilización de arbustos con aptitudes forrajeras en la restauración de zonas incendiadas M.E. Ramos Font, F.M. Cabeza Arcas, A.B. Robles Cruz y J.L. González Rebollos.....	497
Tarjetas de salud de los agroecosistemas pascícolas: herramienta práctica para la gestión sostenible de los pastos I. Mijangos Amezaga, I. Albizu Beitia, I. Martín Sánchez, M. Anza Hortalá, S. Mendarte Azkue, L. Epelde Sierra y C. Garbisu Crespo.....	505
Pastoreo en olivares: producción ganadera y efectos sobre los costes de cultivo M.D. Carbonero Muñoz, E. Fajardo Nolla, J.E. Guerrero Ginel, A. García Moreno y P. Fernández-Rebollo.....	513
Evaluación de los recursos forrajeros de la dehesa en presencia de matorral M.L. López Díaz, G. Moreno Marcos y V. Rolo Romero.....	521
Opiniones de los ganaderos sobre las relaciones entre las explotaciones ovinas y la gestión de un espacio natural protegido B.A. Zamudio, E. Manrique y A.M. Olaizola.....	529
Efecto del pastoreo en la producción de bellotas de la encina en la dehesa. Consecuencias para el follaje del árbol A.M. García Moreno, M.D. Carbonero Muñoz, F. Moreno Elcure, J.R. Leal Murillo, M.T. Hidalgo Fernández y P. Fernández-Rebollo.....	537
Efectos de la aplicación de fertilizantes de nueva generación en la dehesa toledana: producción, diversidad y composición florística de pastos herbáceos C. Lopez-Carrasco, A. López-Sánchez, M.J. Gómez, J.M. Carpintero, J. Brañas y S. Roig Gómez.....	545
Pastoreo de praderas cultivadas para mejorar la rentabilidad de los sistemas de producción de leche en pequeña escala del altiplano central de México D. Heredia Nava, A.A. Rayas Amor, P.E. Pineay Figueroa, F. Vicente, A. Martínez-Fernández y C.M. Arriaga-Jordán.....	553

<u>Evaluación de la sustentabilidad de sistemas de producción de leche en pequeña escala en la época de secas en el noroeste del Estado de México</u>	
F. Próspero Bernal, B. Albarrán Portillo, A. Espinoza Ortega y C.M. Arriaga-Jordán.....	561
ÍNDICE DE AUTORES	569

COMPOSICIÓN BOTÁNICA DE LA DIETA, RESPUESTA PRODUCTIVA Y ECONÓMICA DE VACAS EN PASTOREO EN LA ÉPOCA DE LLUVIAS, EN EL SUROESTE DEL ESTADO DE MÉXICO

F.S. JIMÉNEZ PERALTA¹, I.G. SALAS REYES¹, M. GONZÁLEZ RONQUILLO², A. GONZÁLEZ EMBARCADERO³, C.M. ARRIAGA JORDÁN⁴ Y B. ALBARRÁN PORTILLO¹.

¹Centro Universitario UAEM-Temascaltepec. babap24@yahoo.com.mx. ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. mrg@uaemex.mx. Universidad Autónoma del Estado de México, ³Departamento de Estudios de Investigación y Servicio de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. aembarcadero@hotmail.com. ⁴Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). cmarriagaj@uaemex.mx.

RESUMEN

El objetivo fue conocer la composición botánica de la dieta, la respuesta productiva y económica de vacas en pastoreo en el sur del Estado de México. El estudio se realizó en la época de lluvias (2011). Se muestreó un rebaño de 25 vacas Pardo Suizo en lactación, de las que se siguieron 5 vacas durante el pastoreo para identificar áreas de consumo determinando así la composición botánica de la superficie pratense (CBP). De estas vacas se tomaron muestras de heces para determinar la composición botánica de la dieta (CBD), mediante la técnica de microhistología. Las variables de respuesta fueron rendimiento de leche ($\text{kg}^{-1} \text{ vaca}^{-1} \text{ d}^{-1}$), grasa y proteína en leche (g/kg), peso vivo (kg) y condición corporal. La CBD estuvo compuesta por *Cynodon plectostachyus*, *Aeschinomene sp*, *Paspalum convexum*, y *Paspalum notatum*, que representaron 44%, 19%, 17% y 7%, respectivamente. La producción de leche promedio fue $6,9 \text{ kg}^{-1} \text{ vaca}^{-1} \text{ d}^{-1}$, con 31,1 g/kg de grasa y proteína en leche. El PV fue 419,5 (kg) y la CC fue de 1,5. El costo de producción por L de leche fue de 0,15€. Se concluye que la producción de leche en la época de lluvias es sostenible al tener bajos costos de producción y basar la alimentación en recursos locales.

Palabras clave: pradera, recursos locales, pastos.

INTRODUCCIÓN

La alimentación de bovinos en el sur del Estado de México durante la época de lluvias se basa en el pastoreo libre en praderas, en los cuales se encuentran especies nativas, especies introducidas y otras herbáceas. La producción está determinada por una marcada estacionalidad en la disponibilidad de forrajes teniendo: la época seca y la época de lluvias, siendo en esta última donde hay abundancia de forraje verde (pastos y herbáceas), resultando en bajos costos de producción.

El manejo de la nutrición de rumiantes en pastoreo es difícil ya que es complicado saber la composición botánica de la dieta (CBD) consumida (Galt *et al.*, 1980), fundamental para conocer su respuesta y eficiencia productiva y económica, que permita diseñar estrategias de manejo de los recursos forrajeros. Existen diferentes metodologías para la determinación de la CBD que permiten identificar las especies forrajeras preferidas, el efecto de variación botánica sobre la selectividad del consumo, y su variación en el valor nutritivo durante el pastoreo (Holechek *et al.*, 1989), teniendo como base la composición botánica de la pradera (CBP). Una de ellas es la técnica microhistológica a partir de muestras de heces, ampliamente utilizada para estudiar la CBD.

Más allá de las ventajas de utilizar la técnica microhistológica (Holechek *et al.*, 1982), es importante saber que el uso de heces se recomienda por la facilidad en la obtención de las muestras, y porque es un método no invasivo que no implica manipulación o sacrificio de los animales. Ésta se basa en la elaboración de dos tipos de preparados microhistológicos: permanentes, elaboradas con material vegetal de las especies que se encuentran en el área de estudio, y temporales, que se elaboran con las muestras provenientes de las heces del animal (González y Améndola, 2010), con el objetivo de la identificación bajo microscopio de fragmentos epidérmicos vegetales, que poseen caracteres diagnósticos que permiten diferenciar las especies vegetales (Sepúlveda

et al., 2004). Por lo tanto, se planteó como objetivo conocer la CBD de vacas en lactación en pastoreo en la época de lluvias, que permita desarrollar estrategias de alimentación eficientes basadas en forrajes, así como determinar la respuesta productiva y económica.

METODOLOGÍA

El estudio se llevó a cabo en el municipio de Zacazonapan, ubicado al suroeste del Estado de México, teniendo un clima cálido sub-húmedo, una altura de 1 470 msnm, con una temperatura media anual de 23°C, y una precipitación anual de 1 800 mm. El estudio se realizó de agosto a octubre del año 2011, dividiéndose la época de lluvias en tres periodos experimentales (PE) (28 días cada uno): P1: inicio (Agosto), P2: mediados (Septiembre) y P3 finales (Octubre).

Se seleccionaron cinco vacas pardo suizo múltiparas de un hato de 25, con un peso de 400 kg±50 kg, encontrándose en la primera mitad de lactación. Los animales permanecieron las 24 h del día en una pradera de 100 ha.

El muestreo de la CBP se midió los últimos cinco días de cada PE, coincidiendo con el registro de los rendimientos productivos de las vacas, i.e. rendimiento de leche ($\text{kg}^{-1} \text{ vaca}^{-1} \text{ d}^{-1}$), contenido de grasa y proteína en la leche (g/kg) con el equipo Lactoscan milk analyzer®, peso vivo (kg/vaca) y condición corporal (escala de 1 a 5 puntos, donde 1 es muy flaco y 5 es muy gordo) (Wildman *et al.*, 1982). La CBP, se determinó a partir de observación directa del forraje consumido por las vacas experimentales, colocando un cuadrante metálico (0,5 x 0,5 m²) en el lugar de consumo, dentro del cual se contó el número de plantas. Los resultados fueron reportados como frecuencia acumulada (FA) y frecuencia relativa (FR) de acuerdo a González y Améndola (2010). Posteriormente se cortó el forraje dentro del cuadrante a ras de suelo. A partir de lo anterior, se determinó masa herbácea (kg/MS/ha) y composición botánica (especies de pastos). El forraje cortado dentro del cuadrante fue separado por especies, a partir de los cuales se realizaron preparados microhistológicos permanentes (muestras patrón), de las especies de plantas

presentes en el área de pastoreo. Además, se procedió a separar cada especie de pasto por tallo, vaina, lámina e inflorescencia, con el objetivo de facilitar la identificación específica. Después, se procedió a realizar la identificación taxonómica de cada una de las especies.

Composición botánica de la dieta (CBD): con el propósito de que el análisis de la dieta fuera representativo de la CBP, las muestras de heces se recolectaron durante el ordeño, en el mismo periodo en que se realizó la evaluación botánica del agostadero, así como el registro de variables de respuesta animal. Las muestras de heces se tomaron directamente del recto de cada animal, estas se deshidrataron en una estufa de aire forzado a 70°C por 48 h, y posteriormente se molieron en un molino Willey con una malla de 1mm. A continuación, se procedió a la elaboración de preparados microhistológicos temporales. Las especies que quedaron dentro de los campos de las laminillas fueron contabilizadas para obtener la CBD. Se prepararon 14 portaobjetos por muestra, por periodo de heces del animal, en los cuales se evaluaron 280 campos en microscopio óptico de 10x. En cada campo se determinó la frecuencia relativa (Fr), densidad relativa (Dr) y tasa de selección (TS) o índice de preferencia (IP), que es una relación entre la vegetación que compone la dieta y la vegetación presente en la pradera. Este indicador fluctúa entre -1 y +1 con valores negativos para componentes rechazados y valores positivos para componentes preferidos (González y Améndola, 2010).

Análisis económico: el análisis económico se realizó mediante la metodología de presupuestos por actividad, que permite determinar el costo de producción de leche considerando los costos y retornos económicos de la actividad de producción de leche, que en este caso fueron: alimentación (forraje de pradera), mano de obra (familiar y contratada), combustible, costos varios (i.e. asistencia técnica, medicinas etc.), y costos fijos (depreciación de instalaciones), de acuerdo a Wiggins *et al.* (2001).

Diseño **experimental**: las variables de la composición botánica del agostadero y de la dieta se analizaron utilizando una estadística descriptiva (Steel y Torrie, 1989).

Medición de las variables productivas. Se utilizó un diseño completamente al azar, de las especies presentes en los tres periodos. Los tratamientos fueron los periodos de muestreo (inicio, mediados y finales de lluvias) y las especies las unidades de muestreo (Steel y Torrie, 1988).

Modelo estadístico: $Y_{ij} = \mu + t_i + \epsilon_{ij}$; donde: Y_{ij} = variable respuesta en tratamiento i , repetición j , μ = media general t_i = efecto del periodo ($j = 1, 2, 3$), ϵ_{ij} = error aleatorio. Las variables respuesta animal fueron analizadas utilizando el procedimiento GLM, del paquete estadístico SAS (2010). La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tuckey ($P < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se presentan las especies forrajeras identificadas dentro del potrero, para los tres periodos experimentales.

Tabla 1. Especies identificadas en el potrero, por periodo durante los meses de Agosto, Septiembre y Octubre en Zacazonapan, Estado de México.

Forma biológica	Especie	Ago	Sep	Oct
Gramíneas	<i>Acacia farnesiana</i>	X	X	
	<i>Brachiaria hibrido</i>	X	X	X
	<i>Brachiaria humidicola</i>	X	X	X
	<i>Cynodon plectostachyus</i>	X	X	X
	<i>Digitaria bicornis</i>	X	X	X
	<i>Paspalum convexum</i>	X	X	X
	<i>Paspalum nonatum</i>	X	X	X
Leguminosa	<i>Aeschynomene sp.</i>	X	X	X
Herbáceas	<i>Bidens pilosa</i>		X	X
	<i>Cyperus sp.</i>	X		X
	<i>Gymnosperma glutinosum</i>		X	X
	<i>Ipomea sp.</i>	X	X	
	<i>Ipomea tricolor</i>	X	X	
	<i>Labiada sp.</i>	X		
	<i>Senna sp.</i>	X		

	<i>Tagetes lunuata</i>	X	X	X
Leñosas	<i>Ceiba pentandra</i>	X	X	
	<i>Crescentia alata</i>	X	X	X
	<i>Guazuma ulmifolia</i>	X	X	X
	<i>Ipomea murucoides</i>	X	X	X
	<i>Leucaena leucocephala</i>	X	X	X
	<i>Lysoloma acapulcencis</i>	X	X	X
	<i>Morus nigra</i>	X	X	X
	<i>Phitecellobium lanceolatum</i>	X	X	X

A partir del análisis microhistológico en heces se encontró que las gramíneas *Cynodon plectostachyus*, *Paspalum convexum* y *Paspalum notatum* representaron el 68% de la CBD, la leguminosa *Aeschynomene sp* estuvo presente en 19%, mientras que dos especies del grupo de las dicotiledóneas constituyeron 13% de la CBD (Tabla 2).

Tabla 2. Composición botánica de la pradera (CBP) y de la dieta (CBD) de vacas en pastoreo en la época de lluvias.

Forma biológica	Especie	Composición botánica %					
		P ₁ CBP	P ₁ CBD	P ₂ CBP	P ₂ CBD	P ₃ CBP	P ₃ CBD
Gramíneas	<i>Cynodon plectostachyus</i>	38,7	44,5	44,1	44,4	44,1	44,2
	<i>Paspalum convexum</i>	19,4	21,3	16,5	18,4	18,9	14,0
	<i>Paspalum nonatum</i>			14,0	4,8	6,7	9,8
Leguminosa	<i>Aeschynomene sp.</i>	23,0	23,2	13,2	18,4	15,0	18,1
Otras herbáceas*		18,8	11,0	12,3	14,0	15,4	14,0

P₁: Agosto P₂: Septiembre P₃: Octubre *En ciertos casos, solo fue posible identificar las partículas epidérmicas a nivel de clase. (CBA)

La gramínea *Cynodon plectostachyus* fue la especie con mayor IP en el PE1 (agosto), mientras que en el PE2 *Aeschynomene sp.*, fue la más preferida (1,40), y *Paspalum nonatum* en el PE3 fue la especie con mayor IP (1,47). Las dicotiledóneas en el P2 alcanzaron un IP de 1,14, siendo estas rechazadas en el P1 y P3 (Tabla 3).

Tabla 3. Índice de preferencia de las especies que componen la dieta de vacas en pastoreo.

Forma biológica	Especie	Tasa de selección		
		PE1	PE2	PE3
Herbáceas	<i>Aeschinomene sp.</i>	1,01	1,40	1,21
Gramíneas	<i>Cynodon plectostachyus</i>	1,15	1,01	1,00
	<i>Paspalum convexum</i>	1,10	1,12	0,74
	<i>Paspalum nonatum</i>		0,34	1,47
Dicotiledóneas*		0,58	1,14	0,91

P1: Inicio lluvias P2: Medios de lluvias P3: Finales de lluvias *En ciertos casos, solo fue posible identificar las partículas epidérmicas a nivel de clase. Valores menores a uno: Especies rechazados por el animal y mayores a uno: Especies preferidas por el animal.

En la tabla 4., se presenta las variables productivas de las vacas. Existieron diferencias significativas entre PE, registrándose los mayores niveles de producción de leche ($\text{kg}^{-1} \text{ vaca}^{-1} \text{ d}^{-1}$) y grasa en leche (g/kg), en los PE 2 y 3. De igual forma, el peso vivo y la condición corporal de las vacas se incrementaron hacia finales de la época de lluvias.

Tabla 4. Variables de respuesta de vacas en pastoreo en la época de lluvias.

Tabla 4. Variables de respuesta de vacas en pastoreo en la época de lluvias.

Variable/Periodo	Ago	Sep	Oct	Promedio	EEM
Producción leche (kg)	5,0 ^a	8,3 ^b	7,4 ^b	6,9	0,32
Grasa (g/kg)	25,3 ^a	34,7 ^b	33,3 ^b	31,1	2,70
Proteína (g/kg)	31,3	30,5	31,3	31,0	0,75
Peso Vivo (kg)	391,6 ^a	425,2 ^{ab}	441,8 ^b	419,5	13,20
Condición Corporal (1-5 pts)	1,5	1,5	1,7	1,6	

PE = Periodo experimental 1 (Ago), 2 (Sep) y 3 (Oct). Letras diferentes en filas indican diferencias significativas ($P < 0.05$)

Los costos y los retornos de producción para el hato productor de leche se presentan en la tabla 5. El promedio de producción de 6,9 leche ($\text{kg}^{-1} \text{ vaca}^{-1} \text{ d}^{-1}$). El precio pagado al productor fue de 0,43€/kg de leche. Teniendo entonces que el costo de producción por kg de leche para esta época fue de 0,18€. Resultados similares fueron encontrados por Albarrán *et al.* (2009), quienes reportaron que el costo de producción de 1 kg de leche para la época de lluvias fue de 0,16€. El margen de ganancia sí se ha incrementado con respecto a lo reportado en 2009 por Albarrán y colaboradores. En ese entonces era de 0,09€ por kg de leche vendido, mientras que ahora el margen de ganancia se duplicó (0,21€), debido al incremento en el precio pagado al productor, mientras que los costos se han mantenido con muy poca variación (0,16 € vs 0,17€).

Tabla 5. Análisis económico costos y retornos producción de leche de vacas en pastoreo en la época de lluvias.

Concepto	
Kg leche producida	11 016
Precio de venta/kg de leche	0,37 €
Total de retornos en efectivo	4 132 €
Costo de producción/kg de leche	0,18 €
Costo total de producción	1 997 €
Margen neto	2 135 €
Margen/kg de leche	0,19 €

Conclusiones

La composición de la dieta de vacas lactantes en la época de lluvias se compuso en su mayoría por gramíneas previamente consideradas como representativas de las superficies pratenses de esta zona. Sin embargo, se encontró que la leguminosa *Aeschynomene sp.*, representó el 19% de la composición botánica de la dieta (MS) durante los meses de estudio. Por lo que es importante, a partir de esto desarrollar estrategias para incrementar la presencia de esta especie en las praderas de forma que pueda tener un impacto positivo en los niveles de producción animal. El costo de producción de leche es altamente competitivo, basado en el uso de forrajes de bajo costo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBARRÁN PORTILLO B., SALAS REYES I.G., ESPARZA JIMÉNEZ S., HERNÁNDEZ MARTÍNEZ J., REBOLLAR REBOLLAR S., Y A. GARCÍA MARTÍNEZ. (2009) Caracterización Socioeconómica de un sistema de producción de Doble Propósito en el Sur del Estado de México. En: Cavallotti Vázquez B.A. et al. (Eds). *Ganadería y Seguridad Alimentaria en Tiempo de Crisis*. Chapingo, México. Universidad Autónoma Chapingo, 179-190.

- GALT H.D., OGDEN P.R., EHRENREICH J.H., THEURER B. AND CLARK M. (1980) Estimación de la composición botánica de muestras de forraje obtenidas de novillos con fistula esofágica, por el método de punteado microscópico. En: Rendimiento del pastizal. 173-177.
- GONZÁLEZ-EMBARCADERO A. Y AMÉNDOLA-MASSIOTTI R. (2010) *Técnica microhistológica para la determinación de la composición botánica de la dieta de herbívoros*. Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo.
- HOLECHECK J.L., VAVRA M. AND PIEPER R.D. (1982) Botanical composition determination or range herbivore diet: a review. *Journal of Range Management*, **35**, 309-315.
- HOLECHECK J.L., PIEPER R.D. AND HERBEL C.H. (1989) *Range Management. Principles and practices*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 501.
- SAS Institute. (2002) SAS User's Guide: Statistics. Ver 9.0. SAS Institute. Cary, N.C. USA. 956 p.
- SEPÚLVEDA P.L., PELLIZA DE S.A. Y MANACORDA M. (2004) La importancia de los tejidos no epidérmicos en el microanálisis de la dieta de herbívoros. *Ecología Austral*, **14**, 31-38.
- STEEL R.G.D. Y TORRIE J.H. (1989) *Bioestadística: Principios y procedimientos*. McGraw-Hill. México. pp. 181-184.
- WIGGINS S., TZINTZUN-RASCÓN R., RAMÍREZ-GONZÁLEZ M., RAMÍREZ-VALENCIA F.J., ORTÍZ-ORTÍZ G., PIÑA-CÁRDENAS B., AGUILAR-BARRADAS U., ESPINOZA-ORTEGA A., PEDRAZA-FUENTES A., RIVERA-HERREJÓN G. Y ARRIAGA-JORDÁN C.M. (2001) *Costos y retornos de la producción de leche en pequeña escala en la zona central de México. La lechería como empresa*. Toluca, México. Serie Cuadernos de Investigación. Cuarta Época 19. Universidad Autónoma del Estado de México.
- WILDMAN E.E., JONES G.M., WAGNER P.E., BOMAS R.L., TROUTT H.F. JR. AND LESCH T.N. (1982) A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. *Journal of Dairy Science*, **65**, 495-501.

BOTANICAL COMPOSITION OF THE DIET, PRODUCTIVE AND ECONOMIC RESPONSE OF GRAZING DAIRY COWS DURING RAINY SEASON IN THE SOUTHEAST OF THE STATE OF MEXICO

SUMMARY: The aim was to determine the botanical composition of the diet, productive and economic response of grazing dairy cows in the southeast of the State of Mexico. A herd of 25 lactating cows were monitored during the rainy season of 2011, from which 5 cows were followed while grazing in order to identify the botanical composition of the pasture (BCP). Feces samples were taken from these cows in order to identify the botanical composition of the diet (BCD) using the microhistology technique. Response variables were milk yield (kg/cow/day), milk's fat and protein (g/kg), liveweight (LW) (kg/cow), and body condition score (BCS). The BCD was consist of *Cynodon plectostachyus*, *Aeschinomene sp*, *Paspalum convexum*, and *Paspalum notatum*, representing 44%, 19%, 17% and 7%, respectively. Average milk production was 6.9 kg/cow/day, with 31.1 g/kg of mil's fat and protein. LW and BCS were 419.5 and 1.5, respectively. Milk production cost was 0,15€. It can be concluded that milk production during rainy season is sustainable due to their low production cost because of the feeding is based on local resources.

Key words: Rangeland, local resources, grasses.

7.2 Artículo enviado. Botanical composition of the diet of grazing cows during the dry season in a subtropical region of Mexico.

Composición botánica de la dieta de vacas en pastoreo durante la época seca en una región subtropical de México.



Benito Albarrán Portillo <balbarranp@gmail.com>

[Animals] Feedback on Your Submission Experience

1 mensaje

Animals Editorial Office <animals@mdpi.com>
Responder a: Animals Editorial Office <animals@mdpi.com>
Para: Benito Albarrán Portillo <balbarranp@gmail.com>
CC: Animals Editorial Office <animals@mdpi.com>

5 de enero de 2026 a las 8:43 a.m.

Dear Professor Albarrán-Portillo,

Thank you again for submitting your manuscript to Animals.

We are currently testing a new submission process, and as you are one of the first to experience it, we would be grateful if you could share your thoughts with us.


You can share your feedback on our system in just a few minutes here:
<https://www.research.net/r/SuSy>


All feedback will be used to further improve our submission system and make open access publishing easier for authors.

If you have any questions, please do not hesitate to let us know.

Kind regards,
Animals Editorial Office
Postfach, CH-4020 Basel, Switzerland
Office: Grosspeteranlage 5, CH-4052 Basel
Tel. +41 61 883 77 34 (office)
E-mail: animals@mdpi.com
<https://www.mdpi.com/journal/animals/>

Disclaimer: MDPI recognizes the importance of data privacy and protection. We treat personal data in line with the General Data Protection Regulation (GDPR) and with what the community expects of us. The information contained in this message is confidential and intended solely for the use of the individual or entity to whom they are addressed. If you have received this message in error, please notify me and delete this message from your system. You may not copy this message in its entirety or in part, or disclose its contents to anyone.

- Account 
- Dashboard (/user/myprofile)
- Manage Accounts (/user/manage_a)
- Change Password (/user/chgpwd)
- Profile (/user/edit)
- Logout (/user/logout)

- Submission 
- Submit (/user/manuscript)
- Submitted Manuscripts (/user/manuscript)
- Co-Authored Manuscripts (/user/manuscript)

Manuscript Information Overview

Manuscript ID	animals-4109746
Status	Pending review
Article type	Article
Title	Botanical composition of the diet of grazing cows during the dry season in a subtropical region of Mexico
Journal	<i>Animals</i> (https://www.mdpi.com/journal/animals)
Section	Animal System and Management (https://www.mdpi.com/journal/animals/sections/Animal_System_Management)
Abstract	<p>Introduction of livestock into tropical and subtropical forest areas has displaced the original forest vegetation. Posterior surge of secondary vegetation has served as a source of alternative forage to cattle during scarcity periods. The objective of the study was to determine the botanical composition of the diet (BCD) and the productive performance of lactating Brown Swiss cows during the dry season. The BCD was determined through microhistological analysis of fecal samples of grazing cows. Grazing areas were sampled to determine morphological and botanical composition (BCP). Forages were sampled to determine their chemical composition. Cow's productive variables were recorded during March, April, and May of 2012. The BCP and BCD consisted of <i>Cynodon plectostachyus</i> and the woody species were <i>Vachellia farnesiana</i>, with smaller proportions of <i>Pithecellobium dulce</i>, <i>Guazuma ulmifolia</i>, and <i>Ficus</i> sp. These forages contributed with 63, 48, and 47% of the dry matter, metabolizable energy, and metabolizable protein requirements of the cows. Therefore, it is concluded that alternative forages contributed significantly to the nutritional requirements during periods of pasture scarcity. Understanding the botanical composition of the diet of grazing cows allows for the development of management strategies based on the efficient use of local resources.</p>
Keywords	alternative forages;drought;grazing;silvopastoral;botanical composition of the diet;selection index
Manuscript File	manuscript.docx (/user/manuscripts/displayFile/e5fd02d5070ff2054a8e9a3f18f03d82)
PDF File	manuscript.pdf (/user/manuscripts/displayFile/e5fd02d5070ff2054a8e9a3f18f03d82/latest_pdf)



Article

Botanical composition of the diet of grazing cows during the dry season in a subtropical region of Mexico

Felisa S. Jiménez-Peralta¹, **Manuel González-Ronquillo**²[ID](#) **Anastacio García-Martínez**¹[ID](#),
Sherezada Esparza Jiménez¹[ID](#) **Benito Albarrán Portillo**^{1*}[ID](#)

- ¹ Centro Universitario UAEM Temascaltepec Universidad Autónoma del Estado de México, Carretera Toluca - Tejupilco Km. 67.5 Temascaltepec de González, Estado de Mexico, Mexico 51300; fjimenezp@uaemex.mx
- ² Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Universidad Autónoma del Estado de México. El Cerrillo, Piedras Blancas, Toluca, Estado de Mexico, Mexico 50295; mrg@uaemex.mx
- * Correspondence: balbarranp@uaemex.mx; Tel.: +52-722-405-6375

Simple Summary

Academic Editor: Firstname Lastname
Received: date
Revised: date
Accepted: date
Published: date

Citation: To be added by editorial staff during production.

Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Tropical and subtropical cattle production systems used local resources to produce milk and beef under extensive grazing with limited supplementation during the dry season. Lactating cows graze in complex agroecosystems compiled of native and introduced grasses in pastures with scattered shrubs and trees that are part of the cow's diets with varied nutritional composition. Results provide information about the cows botanical composition of the diet and the nutrients obtained from forages like *Cynodon plectostachyus* and the woody specie *Vachellia farnesiana*, *Pithecellobium dulce*, *Guazuma ulmifolia*, and *Ficus sp.* The knowledge of the alternative fodder resources consumed by the cows and their nutritional contributions, can be used to develop efficient and sustainable management practices.

Abstract

Introduction of livestock into tropical and subtropical forest areas has displaced the original forest vegetation. Posterior surge of secondary vegetation has served as a source of alternative forage to cattle during scarcity periods. The objective of the study was to determine the botanical composition of the diet (BCD) and the productive performance of lactating Brown Swiss cows during the dry season. The BCD was determined through microhistological analysis of fecal samples of grazing cows. Grazing areas were sampled to determine morphological and botanical composition (BCP). Forages were sampled to determine their chemical composition. Cow's productive variables were recorded during March, April, and May of 2012. The BCP and BCD consisted of *Cynodon plectostachyus* and the woody species were *Vachellia farnesiana*, with smaller proportions of *Pithecellobium dulce*, *Guazuma ulmifolia*, and *Ficus sp.* These forages contributed with 63, 48, and 47% of the dry matter, metabolizable energy, and metabolizable protein requirements of the cows. Therefore, it is concluded that alternative forages contributed significantly to the nutritional requirements during periods of pasture scarcity. Understanding the botanical composition of the diet of grazing cows allows for the development of management strategies based on the efficient use of local resources.

Keywords: alternative forages; drought; grazing; silvopastoral; botanical composition of the diet; selection index

1. Introduction

In various regions of the world there is an animal production based on extensive grazing and agrosilvo pastoral systems [1], which low inputs allow animal production based on native forage resources, that contribute to the nutritional requirements of cattle during the dry season and forage scarcity [2].

In tropical and subtropical regions of the Americas, the introduction of cattle has transformed forests by displacing native plant species with grasses species established in monoculture pastures. Following the initial displacement of native species, secondary vegetation appears, which has been used by cattle during periods when forage is scarce in pastures or its nutritional quality decreases, representing a great diversity of alternative forage with divers nutritional composition [3].

The above has generated the need to study this type of system called silvopastoral, or agrosilvopastoral, which are complex, with a great diversity of plant species and diverse and variable chemical composition depending on the time of year [4].

The southwestern region of the State of Mexico is a mountainous region with poor soils and steep slopes unsuitable for agriculture. Therefore, livestock farming is the best way to use land resources. Production units are called dual-purpose because they produce both milk and beef. During the rainy season, the cattle feed exclusively on forages available in grazing areas, while during the dry season due to the decrease in the quantity and quality of available forage, producers must supplement their cattle, which has a significant economic impact on production costs [5]. Producers know that livestock consumes forage from trees and shrubs without knowing the nutritional characteristics of these alternative resources, so management strategies for better use of these resources cannot be developed [6,2].

The objective of this study was to determine the composition of the diet of lactating Brown Swiss cows in a dual-purpose production unit in the southwest of the State of Mexico, during the dry season (March, April and May).

2. Materials and Methods

2.1. Study area

The study was conducted in a dual-purpose production unit in the municipality of Zacazonapan, State of Mexico, between 19° 00' 17" and 19° 16' 17" north latitude and between 100° 12' 55" and 100° 18' 13" west longitude, at an altitude of 1,470 meters above sea level. The climate is classified as semi-tropical, group A, according to the Köppen climate classification, with summer rains and a dry season from November to May, classified as A (c)(w2), with an average annual temperature of 23°C and an annual rainfall of 1,115 mm [7]. The study was conducted during the months of March, April, and May of 2012, corresponding to the dry season. Each month was considered an experimental period (EP).

2.2 Production and management of experimental cows

The dual-purpose production (PU) unit had an extension of 100 hectares of land with perimeter-fenced, without paddock subdivision, under extensive grazing management. Sixty percent of the PU land was dedicated to forage production compiled of native and introduced grasses, with scattered trees and shrubs, and 40% was destined to crop maize (*Zea mays*), which was subsequently used to prepare cow's supplements.

Overall management of the farm was minimal; there was no fertilization or irrigation of the grazing areas, no conservation practices for surplus forage produced during the rainy season, and minimal inputs restricted to grains for cattle supplements during the dry season.

The PU herd consisted of 25 lactating Brown Swiss cows and their calves. There were also dry cows and a sire, for a total of 60 animals. Milking was performed once a day between 7:00 and 9:00 am. During milking, cows received 4.5 kg of dry matter (DM) per cow per day of supplement and had access to water within the paddocks through a continuously flowing canal. The supplement consisted of a mixture of cracked corn ear with husk and soybean meal, containing 14% of crude protein. The cows remained in the paddocks 24 hours a day, 365 days a year.

2.3. Experimental cows and sampling

From the total number of cows in the herd, five cows were randomly selected to collect fecal samples taken directly from the rectum at the end of milking for two consecutive days in the last week of the EP, in order to determine the BCD, while the remaining lactating cows in the herd were monitored to recorded productive variables and collection of milk samples. The mean body weight (BW) of the cows in the herd was 400 ± 50 kg, with 3.6 ± 1.8 calvings, and 115 ± 33 days of lactation, and a body condition score (BCS) of 2.5 points on a scale of 1 to 5 [8].

Milk yield (MY) was recorded for two consecutive days during the last week of each EP using a 20 kg capacity Rhyno® electronic scale. Cows were weighed after milking on a 1,500 kg capacity Smart Scale 200 (Gallagher®). Body condition score was determined at the same time as cow BW. Milk components, fat, protein end lactose (g/kg), were determined immediately after milking by analyzing a sample with a portable milk analyzer (Lactoscan Milk Analyzer®, Milkotronic). Milk urea nitrogen (MUN) was subsequently determined in the laboratory using enzymatic colorimetry [9].

2.4. Botanical composition of the grazing areas

The herbaceous mass (HM) of the grazing areas GA (mainly grasses) was determined every 28 days using quadrats ($n = 6$) of 0.25 m² placed within the GA adjacent to where the cows were grazing after milking during the sampling periods, cutting at ground level with shears and, subsequently in

the laboratory, were separated by specie to determine the botanical composition of the grazing areas (BCP) according to [10].

2.4.1. Botanical composition of the diet

The BCD (percentage of species present) was estimated by identifying epidermal fragments in the feces of the five cows using microhistological analysis. To ensure that the BCD analysis was representative, fecal samples were collected on the same days as the BCP were assessed. The fecal samples were dried in a forced-air oven at 70°C for 48 h and then ground in a Willey mill with a 1 mm mesh. The BCD was estimated following the procedures described by [11,2].

2.4.2. Woody species

For two consecutive days during the last week of each EP, and by direct observation during grazing after morning milking, and throughout the day until evening (6:00 pm), experimental cows (n = 5) were monitored within the GA to observe the consumption of forage species at ten-minute intervals per grazing event [13]. Samples of plant species (leaves and stems) were taken by hand directly from the plant. The forage samples (approximately 200 g fresh basis) were packaged fresh and transported to the laboratory for chemical analysis.

The chemical composition of the sampled species (leaves and stems) was analyzed to determine dry matter (DM), crude protein (CP), NDF, ADF, and ADL according to [14] (AOAC 1995), and the in vitro digestibility of dry and organic matter was analyzed according to [15]. The in vitro dry matter digestibility (IVDMD) of the main forage species consumed was estimated based on the results of the microhistological analysis. The Estimated Metabolizable Energy (ME) was derived from IVOMD [16]: $eME \text{ (MJ/kg DM)} = 0.0157 * IVOMD$.

2.5. Nutrient intake estimates

The dry matter intake (DMI) of cows was estimated indirectly from animal performance, using the nutritional composition of the forage and supplements, BW, BCS, and MY and composition, based

on estimates from [17]. From the dietary nutritional composition, the contribution of DMI (kg DM/day), metabolizable protein (MP) (g/day), and ME (MJ/kg) from supplements and forages to the cows' requirements was estimated. Based on this, the contribution of these nutrients to the cows' needs was determined.

2.6. Statistical analysis

Data on HM, BCP, and BCD were analyzed using descriptive statistics. Animal productive variables were analyzed using a mixed model with the cow as a random effect and the experimental period as a fixed effect, using the SAS MIXED procedure [18] with the following model:

$$Y_{ij} = \mu + EP_i + C_j + e_{ij}$$

Where: Y_{ij} was the response variable, μ was the least square mean, EP_i was the fixed effect of the experimental period ($i = \text{March, April and May}$), C_j was the random effect of the cow ($j = 1 \dots 25$), and e_{ij} was the random error term.

3. Results

3.1. Herbage mass

In Table 1 the available HM can be observed in the GA. Average HM was 1,932.7 (kg of DM/ha), with a 50:50 ratio of green to dead material. Of the available HM, 44% was leaf and 56% was stem. The average height in the grazing areas was 2.9 cm.

Table 1. Herbage mass, live material, dead material, leaf and stem (kg of DM/ha) of grazing areas per experimental period (EP) during the dry season.

3.2. Botanical composition

Table 2 shows the BCP and the CBD of the cows. The following grasses were identified in the grazing areas *Cynodon plectostachyus*, *Paspalum notatum*, *Paspalum convexum*, *Eleusine indica* and *Urochloa brizantha*. *C. plectostachyus* was the most prevalent grass, both in the pasture (57.5%) and in the cows' diet (60.3%).

Additionally, Huizache (*Vachellia farnesiana*, formerly *Acacia farnesiana*) was found in the grazing areas, representing 36.1% of the pasture and 34.3% of the botanical composition of the cows' diet. Other species of the class Magnoliopsida like *Pithecellobium dulce*, *Guazuma ulmifolia*, and *Ficus sp.*, were found in grazing areas as well as in the BCD material which together represented 6.4% of the grazing areas and 5.4% of the cows' BCD.

Variable	EP1	%	EP2	%	EP3	%	Average	%
Herbage mass	1,434.0		2,848.0		1,516.0		1,932.7	
Green material	682.5	48	1,080.5	38	989.7	65	917.55	50
Dead material	751.47	52	1,767.5	62	526.4	35	1,015.1	50
Leaf	755.6	53	936.1	33	717.4	47	803.0	44
Stem	678.5	47	1,911.9	67	786.6	53	1,125.6	56

EP1 = March, EP2 = April and EP3 = May

represented 6.4% of the grazing areas and 5.4% of the cows' BCD.

Table 2. Botanical composition of the grazing areas (BCP) and diet (BCD) of cows in the dry season by experimental period.

	Species	EP1		EP2		EP3	
		BCP	BCD	BCP	BCD	BCP	BCD
Grasses	<i>Cynodon plectostachyus</i>	59.5	62.8	57.1	60.4	56.0	57.8
Woody	<i>Vachellia farnesiana</i>	34.0	33.0	36.0	33.4	38.2	36.5

Other species *	<i>Phitecellobium dulce</i> , <i>Guazuma ulmifolia</i> , and <i>Ficus sp.</i>	6.5	4.2	6.9	6.2	5.8	5.7
-----------------	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----

: March; EP2 = April; EP3 = May * In certain cases, it was only possible to identify the epidermal particles at the class level belonging to the Magnoliopsida class

3.3. Chemical composition of forages

Table 3 shows the chemical composition of the main species identified in the cows' diet. *C. plectostachyus* had a low nutritional value with 77.2 (g/kg of DM) of CP, low NDF, high levels of ADF and low ADL, resulting in a low digestibility of 657.3 (g/kg of DM) and a low ME content of 7.2 (MJ/kg of DM). In contrast, the woody species had a high CP content, ranging from 228.2 of *V. farnesiana* to 109.5 (g/kg of DM) of *Ficus sp.*

Table 3. Chemical composition (g/kg of DM) of the species present in the diet of grazing cows during the dry season.

Item	Supplement	<i>Cynodon plectostachyus</i>	<i>Vachellia farnesiana</i>	<i>Pithecellobium dulce</i>	<i>Guazuma ulmifolia</i>	<i>Ficus sp</i>
DM	943.2	714.1	897.5	607.4	456.7	702.4
OM	846.0	927.7	946.2	893.8	883.9	911.3
ASH	NA	68.2	57.8	106.3	113.1	88.7
CP	110.7	77.2	228.2	195.6	168.2	109.5
NDF	349.5	63.7	359.9	362.2	491.0	346.7
ADF	109.6	374.2	224.7	227.4	180.0	203.2
ADL	13.0	42.0	114.1	104.9	79.6	79.8
IVDMD	908.0	657.3	470.7	512.6	651.2	473.0
ME	11.9	7.2	14.1	13.8	13.9	13.7

DM = Dry Matter, OM = Organic Matter, ASH = Ashes, CP = Crude Protein, ADF = Acid Detergent Fiber, NDF = Neutral Detergent Fiber, ADL = Acid Detergent Lignin. Metabolizable Energy, IVDMD = In vitro dry matter digestibility, ME MJ/kg of DM

Neutral detergent fiber content ranged from 346.8 (g/kg of DM) for *Ficus sp.*, to 491.0 (g/kg of DM) for *G. ulmifolia*. However, the digestibility of woody species was lower than those of *C. plectostachyus*, with the highest value for *G. ulmifolia* at 651.2 (g/kg of DM) and the lowest for *V. farnesiana* at 470.7 (g/kg of DM). Metabolizable energy of consumed species were generally high, ranging from 13.7 (MJ/kg of DM) of *F. sp.*, to 14.1 (MJ/kg of DM).

3.4. Content of secondary compounds

Table 4 shows the total phenolic (TP), saponin (SA), and aqueous fraction (AF) contents of the forage species identified in the cow's BCD. *P. dulce* had the highest TP content, while the values for the remaining species were similar, ranging from 12.7 (g/kg of DM) of *C. plectostachyus* to 19.3 (g/kg of DM) of *Ficus sp.* Regarding SA, the highest values were for *Ficus sp.*, with 37.4 (g/kg of DM), followed by *V. farnesiana* with 21.0 (g/kg of DM); the values for the remaining species ranged from 12.3 (g/kg of DM) to 14.1 (g/kg of DM) of *C. plectostachyus* and *G. ulmifolia*, respectively. Finally, the FA values ranged from 149.5 as the highest for *G. ulmifolia*, to 90.3 (g/kg of DM) as the lowest for *C. plectostachyus*.

Table 4. Table of secondary compound content (g/kg of DM) present in the species consumed by cows during the dry season.

Species	Total phenols	Saponins	Aqueous fractions
<i>Cynodon plectostachyus</i>	12.7	13.8	90.3
<i>Vachellia farnesiana</i>	15.3	12.3	111.5
<i>Pithecellobium dulce</i>	51.1	21.0	102.0
<i>Guazuma ulmifolia</i>	14.0	14.1	149.5
<i>Ficus sp.</i>	19.3	37.4	116.9

3.5. Productive variables

Table 5 shows the productive variables of the cows. There were no significant differences in most of the cows' productive variables ($P > 0.05$), except for milk fat and protein content (g/kg), and BCS ($P < 0.01$). Increases in milk fat content were observed from EP1 (32.0 g/kg) to EP3 (39.1 g/kg); while the opposite occurred in protein content, which decreased from 30.3 (g/kg) in EP1 to 29.7 (g/kg) in EP3. BCS increased significantly ($P = 0.03$) from 2.59 in EP1 to 2.52 in EP3.

The mean DMI was 11.4 (kg/cow/day), while the mean MY was 5.6 (kg/cow/day). The mean values for lactose, MUN, and BW were 42.5 (mg/kg), 14.0 (mg/dL), and 414.5 (kg/cow), respectively.

Table 5. Productive variables per experimental period (EP) of grazing cows during the dry season.

Variable	EP1	EP2	EP3	P =	SEM
DMI (kg/day)	11.5	11.3	11.5	0.45	0.40
Milk (kg/cow/day)	5.9	5.6	5.3	0.15	0.27
Fat (g/kg)	32.0 ^a	35.1 ^{ab}	39.1 ^b	0.001	1.98
Protein (g/kg)	30.3 ^a	30.4 ^a	29.7 ^b	0.004	0.31
Lactose (g/kg)	41.6	43.3	42.5	0.63	1.1
MUN (mg/dL)	13.8	14.4	13.7	0.92	2.0
BW (kg)	420.6	406.3	416.7	0.16	11.9
BCS	2.49 ^{ab}	2.42 ^a	2.52 ^b	0.03	0.04

DMI = dry matter intake, MUN = milk urea nitrogen, Body weight = Body weight, BCS = body condition score

3.6. Nutrient contribution

In Table 6 are shown the contributions of dry matter, ME, and MP of supplement and forage (*C. plectostachyus*, *V. farnesiana*, *P. dulce*, *G. ulmifolia* and *F. sp.*). The supplement provided 37% of the estimated dry matter intake, while forages provided 63%. Regarding ME and MP contributions, the supplements provided 52 and 53%, respectively, while the forages provided 48 and 47%, respectively.

Table 6. Contribution of estimated dry matter intake (DMI), metabolizable energy (ME) (MJ/day) and metabolizable protein (MP) (g/day), of grazing cows in the dry season.

	DMI	ME	MP
Supplement	4.5 (37%)	61.9 (52%)	462.0 (53%)
Forage*	7.0 (63%)	57.6 (48%)	403.3 (47%)
Total	11.5	119.5	865.3

**C. plectostachyus* contributed 60%, *V. farnesiana* 34%, and together *P. dulce*, *G. ulmifolia*, and *Ficus. sp.* contributed 6% of the forage dry matter intake

4. Discussion

4.1. Grazing areas

The live-to-dead and leaf-to-stem ratios were higher than those reported by [19] for pastures dominated by *C. plectostachyus* grass in the same study region during the same months as in the present study, where the proportion of live and death herbage was 35:65; while leaf and stem proportion was 25:75. In contrast to the finding of the present study, [20] reported a composition in *C.*

plectostachyus pastures associated with *L. leucocephala* cv. Cunningham under humid tropical conditions in southeastern Mexico, using two cutting interval schemes of 30 and 50 days. The leaf-to-stem ratios were 80:20, while the live-to-dead herbage ratio was 90:10. This result represents the potential of this type of pasture under intensive management.

Regarding nutritional composition, the values are within the range reported for pastures dominated by *C. plectostachyus* during the same study period [21,22]. However, the nutritional quality was lower than the values reported by [23] and [20]; in these two cases, the work was carried out in a sub-humid tropical zone in association with *L. leucocephala*.

4.2. Forage intake and diet composition

Animals exert preferences over the composition of their diet; what they decide to eat depends on the diversity of available forage, the frequency with which certain plants such as trees and shrubs are present, as well as their morphology and nutritional composition [24]. The estimated DMI of the average herd cows was 11.4 (kg of DM/cow), of which 4.5 kg were from supplement and 7.0 kg from forage consumed in the grazing areas. Of the total forage consumed *C. Plectostachyus* accounted for 60%, equivalent to 4.2 (kg of DM/day), *V. farnesiana* 34% or 2.4 (kg of DM/day), and *P. dulce*, *G. ulmifolia*, and *Ficus. sp.*, together contributed 420 (g of DM/day) representing 6% of total DMI. This is consistent with the BCP.

Overall, the amount of tree forage consumed was 2.8 (kg DM/day), which was higher than the 1.4 (kg DM/day) reported by [2]. The study by the cited authors was conducted in the same production unit three years after the present study, and throughout the whole dry season (December to May), unlike the present study (March to May). In the study [2], the woody species identified as components of the cows' diet were *V. farnesiana*, *C. alata*, *P. dulce*, and *C. pentandra*, which represented 15.8% of the cows' total DMI, which was lower than the 25% tree intake estimated in this study.

Studies have reported that the maximum inclusion level of woody forages without affecting the digestibility of the total diet, as well as the intake and productive performance of the animals, was 30% of the total diet [25,3]. In the present study, in which the cows were free to choose the type of forage consumed, forage from woody species did not exceed this percentage.

In a study [3] with adult cows grazing in a tropical forest known as acahual, reported that the cows' diet during the dry season consisted of 47.5 tree species, with a greater diversity of species consumed compared to the rainy season. However, the nutritional quality of the diet during the rainy season was higher in terms of CP, ADF, lignin, and saponins while during the dry season the diet had a higher content of NDF, as well as condensed tannins.

As the availability and quality of forage in pastures decreased, particularly that of *C. plectostachyus*, as indicated by preference indices, an increase in the preference index for species of the class Magnoliopsida (*P. dulce*, *G. ulmifolia* and *F. sp.*) was observed, although these represented a low percentage of the cows' total DMI. Woody and shrubby plants are sources of protein and energy that also provide other nutrients such as vitamins and minerals during periods of scarcity of conventional forages. In addition, they contain secondary compounds, which improve protein utilization, increase animal productivity, health, and overall animal welfare [26].

In addition to the BCP, the low consumption of species of the class Magnoliopsida may be related to a higher concentration of total phenols, saponins, and aqueous fractions compared to *V. farnesiana*, which could explain the greater consumption of this plant. However, it is also possible that the consumption of various woody plants is a strategy by the animal to minimize the risk of discomfort caused by consuming this type of forage, as well as to minimize the energy cost of detoxification when consuming forages with secondary compounds [26].

In this regard, the average CP of *V. farnesiana* (228.2 g/kg of DM) was higher than that reported by [27] (159.7 g/kg of DM). Meanwhile, the values for secondary compounds were within the normal range, making this woody species a suitable forage in terms of digestibility and CP content in the diet of cows [28,27].

4.3. Productive variables of cows

The mean MY was 5.6 (kg/cow/day), which was lower than the 6.4 (kg/cow/day) reported by [2] and the 6.8 (kg/cow/day) reported by [29], both studies conducted in the same production unit. These differences may be related to the lower mean number of calvings (3.6 ± 1.8) and the average BW (414 kg) of the cows, than of those used in the above-mentioned studies, which reported 4 ± 1.2 calvings and an average BW of 460 (kg/cow).

Milk yields were higher than the 4.3 (kg/cow/day) reported by [30] with Zebu cows of different crosses (Brahman, Gyr, and Guzerat). However, they were lower than the 13.5 and 14.5 (kg/cow/day) reported by [31] Bottini-Luzardo et al. (2016) in Holstein x Brown Swiss x Zebu cross cows grazing in a silvopastoral system with *L. leucocephala* and irrigated *Cynodon nlemfuensis* pastures in southeastern Mexico.

Fat content increased significantly as EP progressed, which may be a result of the interaction between the BCP and the BCD, as well as the presence of rainfall in EP3, where the highest concentrations of milk fat were recorded. Although on average, these levels are within the range reported for cows in the region and on the same PU [32,2]. Higher milk volume is associated with lower concentrations of fat, protein, and lactose, while a smaller milk volume the concentrations of these components increases [33]. Conversely, the concentration of protein in milk decreased significantly. In this regard, it has been reported that heat stress can possibly cause a general decrease in the productive performance of cows, and in particular in the protein content in milk [34].

4.4. Contribution of the diet to the nutrient requirements of the cows

The forages combined (pasture and woody forages) contributed 63, 48 and 47% of the cows' dry matter, metabolizable energy, and metabolizable protein requirements during the study period. The contribution of nutrients was lower than those estimated for the same production unit during the dry season by [2], who determined that the forages (pasture and trees) contributed with 69, 63

and 60 of the cows' DMI, ME and MP requirements. In the study by [22], the contribution of woody species to dry matter, CP, and ME requirements of the cows were estimated at 20, 7, and 9%, respectively.

5. Conclusions

During the dry season, the quantity and quality of available pastures in grazing areas decrease, so cows increase their intakes of forage from alternative forage resources like woody species such as *V. farnesiana*, and to a lesser extent species such as *Pithecellobium dulce*, *Guazuma ulmifolia* and *Ficus sp.* Together, grasses and woody species contribute 63, 48, and 47% of the cows' dry matter, energy, and metabolizable protein requirements, respectively.

Author Contributions: Conceptualization, B.A.P. and M.G.R.; methodology, F.S.J.P. and B.A.P., software, B.A.P. and A.G.M.; formal analysis, F.S.J.P. and S.E.J.; investigation, F.S.J.P. resources, B.A.P. and M.G.R.; data curation, F.S.J.P. writing—original draft preparation, F.S.J.P., B.A.P. M.G.R.; writing—review and editing, B.A.P. and M.G.R.; supervision, B.A.P. A.G.M. M.G.R. and S.E.J.; All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research was funded partially by Secretariat of Science, Humanities, Technology and Innovation (SECIHTI) of the Mexican government formerly known as CONACYT throughout a Ph.D. scholarship to the first author; and by the Universidad Autónoma del Estado de México, throughout infrastructure and laboratory support.

Institutional Review Board Statement: The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki and approved by the Institutional Review Board (or Ethics Committee) of Ethics and Animal Welfare Committee of Centro Universitario UAEM Temascaltepec, Universidad Autónoma

del Estado de México. Animals involved in the study were subject to normal farm management, and no experimental procedures were performed in them.

Informed Consent Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: The data can be made available from the authors upon request.

Acknowledgments: Authors would like to thank Dra. Antonia González Embarcadero of Universidad Autónoma de Chapingo, for her support to the first author with the microhistological technique training.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflicts of interest.

References

1. Vandermeulen, S.; Ramírez-Restrepo, C.A.; Beckers, Y.; Claessens, H.; Bindelle, J. Agroforestry for Ruminants: A Review of Trees and Shrubs as Fodder in Silvopastoral Temperate and Tropical Production Systems. *Anim Prod Sci.* 2018, 58, 767–77. <https://doi.org/10.1071/AN16434>
2. Salas-Reyes, I.G.; Estrada-Flores, J.G.; Arriaga-Jordán, C.M.; García-Martínez, A.; Castro-Montoya, J.; Albarran-Portillo, B. Productive Performance of Lactating Brown Swiss Cows Grazing on an Agrosilvopastoral System in a Dry Tropical Region of Mexico : Contribution of Grass , Herbaceous and Woody Species. *Agrofor Syst.* 2022. 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s10457-022-00800-4>

3. Albores-Moreno, S.; Alayón-Gamboa, J.A.; Miranda-Romero, L.A.; Alarcón-Zúñiga, B.; Jiménez-Ferrer, G.; Ku-Vera, J.C.; Piñeiro-Vázquez, A.T. Effect of Supplementation with Tree Foliage on *in Vitro* Digestibility and Fermentation, Synthesis of Microbial Biomass and Methane Production of Cattle Diets. *Agrofor Syst*, 2020, 94, 1469–80. <https://doi.org/10.1007/s10457-019-00416-1>
4. Sales-Baptista, E.; Ferraz-de-Oliveira, M.I. Grazing in Silvopastoral Systems: Multiple Solutions for Diversified Benefits. *Agrofor Syst*. 2021, 95, 1–6. <https://doi.org/10.1007/s10457-020-00581-8>
5. Albarrán-Portillo, B.; Rebollar-Rebollar, S.; García-Martínez, A.; Rojo-Rubio, R.; Avilés-Nova, F.; Arriaga-Jordán, C.M. Socioeconomic and Productive Characterization of Dual-Purpose Farms Oriented to Milk Production in a Subtropical Region of Mexico. *Trop Anim Health Prod*. 2015, 47, 519–523. <https://doi.org/10.1007/s11250-014-0753-8>
6. Vandermeulen, S.; Ramírez-Restrepo, C.A.; Marche, C.; Decruyenaere, V.; Beckers, Y.; Bindelle, J. Behaviour and Browse Species Selectivity of Heifers Grazing in a Temperate Silvopastoral System. *Agrofor Syst* 2018, 92, 705–716. <https://doi.org/10.1007/s10457-016-0041-x>
7. SMN. Servicio Meteorológico Nacional. Comisión Nacional Del Agua. 2020. <https://smn.conagua.gob.mx/es/>
8. Wildman, E.E.; Jones, G.M.; Wagner, P.E.; Boman, R.L.; Troutt, H.F.; Lesch, T. N. A Dairy Cow Body Condition Scoring System and Its Relationship to Selected Production Characteristics. *J. Dairy Sci*. 1982, 65, 495–501. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(82\)82223-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(82)82223-6)
9. Powell, J. M.; Wattiaux, M.A.; Broderick, G. A. Short Communication: Evaluation of Milk Urea Nitrogen as a Management Tool to Reduce Ammonia Emissions from Dairy Farms. *J. Dairy Sci*. 2011, 94, 4690–94. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4476>

10. Celis-Álvarez, M.D; Arriaga-Jordán, C.M.; González-Ronquillo, M.; Sainz-Ramírez, A.; Flores-Calvete, G.; López-Gonzalez, F. Milk production and nitrogen excretion by dairy cows in late lactation fed cut pastures of different ryegrass – clover species in small-scale dairy systems. *Trop. Subtrop Agroecosystems*. 2021, 24, 1-10. <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.3490>
11. Castellaro, G.; Squella, F.; Ullrich, T.; León, F.; Raggi, A. Some Microhistological Techniques Utilized in the Determination of the Botanical Composition of Herbivore Diets. *Chil. J. Agr. Res.* 2007, 67, 86–93. <https://doi.org/10.4067/S0365-28072007000100011>
12. González-Embarcadero, A.; Améndola-Massiotti, R.D. Técnica Microhistológica Para La Determinación de La Composición Botánica de La Dieta de Herbívoros. México: Universidad Autónoma Chapingo. 2010.
13. Bryant, F.C.; Taylor, C.A.; Merrill, L.B. White-Tailed Deer Diets from Pastures in Excellent and Poor Range Condition. *J. Range Manag.* 1981, 34, 193. <https://doi.org/10.2307/3898039>
14. AOAC. Official Methods of Analysis. 15th Ed., Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA. 1995.
15. Mauricio, R.M.; Mould, F.L.; Dhanoa, M.S.; Owen, E.; Channa, K.S.; Theodorou, M.K. A Semi-Automated in Vitro Gas Production Technique for Ruminant Feedstuff Evaluation. *Anim. Feed Sci. Technol.* 1999. 79, 321–30. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(99\)00033-4](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0377-8401(99)00033-4)
16. AFRC. Energy and Protein Requirements of Ruminants. An Advisory Manual Prepared by the AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients. CAB International, Wallingford, UK, 1993.
17. NASEM Dairy-8. National Academies of Sciences, Engineering and Medicine. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Eight Revised Edition. Washington, DC: The National Academies Press. Washington, DC: The National Academies Press, 2021. <https://doi.org/10.17226/25806>.

18. SAS OnDemand. SAS® OnDemand for Academics. 2025. <https://Welcome.Oda.Sas.Com/Login>.
<https://welcome.oda.sas.com/login>.
19. López-González, F.; Estrada-Flores, G.J.; Aviés-Nova, F.; Yong-Angél, G.; Hernández-Morales, P.; Martínez-Loperena, R.; Pedraza-Beltrán, P.E.; Castelán-Ortega, O.A. Agronomic Evaluation and Chemical Composition of Africa Star Grass (*Cynodon Plectostacgyus*) in the Southern Region Os the State of Mexico.” *Trop Subtrop Agroecosyst*. 2010, 1,: 151–59.
20. Dzib-Castillo, B.; Casanova-Lugo, B.F.; Pozo-Leyva, D.; Costa, R.L.D.; Macario-González, L.; Gimenes, F.M.A.; Lara-Pérez, L.A.; Chay-Canul, A.J. Productivity and Nutritional Quality of Pastures in a Silvopastoral System under Two Harvest Intervals in Southeastern Mexico. *Agrofor. Syst*. 2025, 99, 137. <https://doi.org/10.1007/s10457-025-01235-3>
21. López-González, F.; Sánchez-Valdéz, J.J.; Castelán-Ortega, O.A.; Albarrán-Portillo, B.; Estrada-Flores, J.G. Agronomic and Nutritional Characteristics of Three Grass Species in the Southern Region of Mexico. *Indian J. Anim. Sci*. 2015, 85, 271–74.
<http://epubs.icar.org.in/ejournal/index.php/IJAnS/article/view/47318>
22. Salas-Reyes, I.G. Suplementación energética y determinación de la composición botánica de la dieta de vacas de oble Propósito, en la región sur del Estado de México. Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Autónoma del Estado de México. 2018.
<http://hdl.handle.net/20.500.11799/99458>.
<https://doi.org/http://hdl.handle.net/20.500.11799/99458>
23. Alvarado-Canché, A., Canul-Solis, J.R.; Castillo-Sánchez, L.E., Campos-Naverrete, M.J.; López-Cobá, E.H.; Luna-Mendicuti, A.A.; Ruz-Febles N. Production and Forage Quality of *Cynodon Plectostachyus* in Silvopastoral Systems with *Leucaena Leucocephala*. *Trop. Subtrop Agroecosyst*. 2022. 25

24. Van Soest, P. J. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Ithaca: Cornell University Press. 1994
25. Ortiz-Rodea, A.; González-Ronquillo, M. López-Villalobos, N.; García-Martínez, A.; Rojo-Rubio, R.; Avilés-Nova, F.; Vázquez-Armijo, J.F.; Albarrán-Portillo, B. Replacement of Lucerne by *Enterolobium Cyclocarpum* Leaves in the Diet of Growing Goats. *Anim. Prod. Sci.* 2018. 59, 1293–98. <https://doi.org/10.1071/AN16560>
26. Mueller-Harvey, I. Unravelling the Conundrum of Tannins in Animal Nutrition and Health †. *J. Sci. Food Agric.* 2010. 2010–2037. <https://doi.org/10.1002/jsfa>.
27. Dimas Villalobos, E.; Diana, P.; Torres Velázquez, S.; Delgado, E.; Araiza Rosales, E.E.; Medrano Roldán, H.; Gamero Barraza, J.I.; Pámanes Carrasco, G.A.; Páez Lerma, J.B.; Guerra Rosas, M.I.; Reyes Jáquez, D. In Vitro Evaluation of Cattle Diets with the Inclusion of a Pelletized Concentrate Containing Acacia Farnesiana. *Ruminants.* 2025. <https://doi.org/10.3390/ruminants5040047>
28. Ramirez, R.G.; Gonzalez-Rodriguez, H.; Gomez-Mesa, M.V.; Perez-Rodriguez, M.A. Feed Value of Foliage from *Acacia Rigidula*, *Acacia Berlandieri* and *Acacia Farnesiana*. *J. Appl. Anim. Res.* 1999, 16, 23–32. <https://doi.org/10.1080/09712119.1999.9706259>.
29. Esparza-Jiménez, S.; Albarrán-Portillo, B.; González-Ronquillo, M.; García-Martínez, A.; Vázquez-Armijo, J.F.; Arriaga-Jordán, C.M. Milk Yield Derived from the Energy and Protein of Grazing Cows Receiving Supplements under an Agrosilvopastoral System. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 2021, 12, 87–104. <https://doi.org/10.22319/RMCP.V12I1.5529>
30. Pozo-Leyva, D., Casanova-Lugo, F.; López-González, F.; Cruz-Tamayo, A.A.; Costa, R.L.D; Chay-Canúl, A.J. Feed Utilization Efficiency and Nitrogen Balance in Dual Purpose Cows Fed Local Diets in the Subhumid Tropic of Mexico. *Chil. J. Agric. Anim. Sci.* 2024, 40, 614–622. <https://doi.org/10.29393/CHJAAS40-52FUDA60052>

31. Bottini-Luzardo, M.B.; Aguilar-Pérez, C.F.; Centurión-Castro, F.G.; Solorio-Sánchez, F.J.; Ku-Vera, J.C. “Milk Yield and Blood Urea Nitrogen in Crossbred Cows Grazing *Leucaena Leucocephala* in a Silvopastoral System in the Mexican Tropics. *Trop. Grassl.-Forrajes Trop.* 2016, 4, 159–67. [https://doi.org/10.17138/TGFT\(4\)159-167](https://doi.org/10.17138/TGFT(4)159-167)
32. Morales, C.; Hernández, A.; Hernández Montes, A.; Villegas De Gante, Z.; Aguirre Mandujano, E. El Proceso Socio-Técnico de Producción de Queso Añejo de Zacazonapan, Estado de México. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 2011, 2,161–76.
33. Pollott, G.E. Deconstructing Milk Yield and Composition during Lactation Using Biologically Based Lactation Models. *J. Dairy Sci.* 2004, 87, 2375–87. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73359-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73359-7).
34. Gao, S.T.; Guo, J.; Quan, S.Y.; Nan, X.M.; Sanz Fernandez, M.V.; Baumgard, L.H.; Bu, D.P. The Effects of Heat Stress on Protein Metabolism in Lactating Holstein Cows. *J.Dairy Sci.* 2017, 100, 5040–5049. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11913>

Disclaimer/Publisher’s Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

VIII. Conclusión general

La alimentación de las vacas Pardo Suizo en pastoreo en una unidad de producción de doble propósito en el municipio de Zacazonapan, México, presenta una marcada variación estacional (época de lluvias y secas) que influye directamente en la disponibilidad y calidad de los recursos forrajeros. Durante la época de lluvias agosto, septiembre y octubre de 2011), la dieta se basa principalmente en gramíneas nativas, aunque la presencia significativa de la leguminosa *Aeschynomene* sp. resalta su potencial para mejorar la calidad nutricional de la dieta y los niveles de producción animal, por lo que resulta conveniente promover estrategias para incrementar su participación en las praderas. En contraste, durante la época seca (marzo, abril y mayo de 2012), la disminución en la cantidad y calidad de los pastizales obliga a las vacas a diversificar su consumo hacia recursos forrajeros alternativos, particularmente especies leñosas, las cuales desempeñan un papel clave en la cobertura de los requerimientos nutricionales. En conjunto, el aprovechamiento eficiente de pastizales y especies leñosas representa una estrategia viable y económicamente competitiva para sostener la producción de leche basada en el uso de forrajes de bajo costo.

IX. Bibliografía general

- Albarrán, P. B. 2002. Evaluación de ensilado de maíz y alimento concentrado en la alimentación de vacas lecheras en pastoreo en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el Valle de Toluca, México. Tesis de Maestría en Ciencias, FMVZ UNAM, México, D. F. 107 pp.
- Albarrán, P. B., Salas, R, I.G., Esparza, J, S., Hernández M, J., Rebollar, R, S., García, M, A. 2009. Caracterización Socioeconómica de un sistema de producción de doble propósito en el sur del Estado de México. Coordinadores Beatriz A. Cavallotti Vázquez, Carlos F. Marcof, Álvarez, Benito Ramírez Valverde. En Ganadería y Seguridad Alimentaria en Tiempo de Crisis. Universidad Autónoma Chapingo, México. Pp.179-190.
- Álvarez, A. y Montaña, E. 1996. El Sistema nacional lechero: problemática y alternativas para un desarrollo sostenible. Foro Nacional por la Soberanía alimentaria. México, Pp. 5.
- Álvarez, M. A., Cervantes, E. F y Espinoza, O. A. Características del sistema lácteo y sus principales tendencias en México. Álvarez, M. A., Cervantes, E. F y Espinoza, O. A. Agroindustria rural y territorio. Tomo II. México, CIGOME, S.A de C.V. 2007. P XV-LII.
- Arriaga J, C.M., Espinoza O, A., Albarrán P, B., García M, A., Ruiz A, M., Heredia N, D., Guadarrama E, J., y Castelán O, O. 2006. Desempeño económico de estrategias de alimentación de ganado lechero en sistemas campesinos del altiplano central de México. Ganadería, Desarrollo Sustentable y Combate a la Pobreza: Los grandes Retos. 7ª Reunión Nacional. Eds. Cavallotti V, B.A., Hernández M, M., y Ramírez. Universidad Autónoma Chapingo.
- Ávila, T. S. 1998. Producción intensiva de ganado lechero. Editorial Continental México, D.F. pp. 130-140.

- Bargo, F.; L. D. Muller; J. E. Delahoy; T. W. Cassidy. 2002^a. Milk response to concentrate supplementation of high producing dairy cows grazing at two pasture allowances. *J. Dairy Sci.* 85:177-1792
- Baumgartner, L. T y Martin, A. C. 1939. "Plant histology as an aid in squirrel food-habit studies". *Journal of Wildlife Management* 3:266-268.
- Berlijn, J. D., Bernardón, E. A. 1982. Pastizales naturales. Manuales para la educación agropecuaria. Producción vegetal. 89 p.
- Burns, J.C; Pond, K:R; and Fisher, D:S. 1994. Measurement of forage intake. Fahey Jr., G.C. (Ed). 1994. Forage quality, evaluation and utilization. American society of agronomy Inc., Crop science society of America Inc., Soil science of America Inc. Madison, Wisconsin. U.S.A.
- Castelán OO, Fawcett RH, Arriaga JC, Herrero M (2003) A decision support system for smallholder Campesino Maize-Cattle production systems of the Toluca Valley in Central Mexico. Part 1- Integrating biological and socio-economic models into a holistic system. *Agricultural Systems* 75(1): 1-21.
- Castelán, O.O., Mathewman R (1996) Situación y perspectiva de la industria lechera en México, con énfasis en lechería en pequeña escala, En: Castelán O O A (Ed.), Estrategias para el mejoramiento de los sistemas de producción de leche en pequeña escala. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, pp: 5-16
- Castelán, O. O., Mathewman R, González ME, Burgos GR, Cruz JD (1997) Caracterización y evaluación de los sistemas campesinos de producción de leche. El caso de dos comunidades del Valle de Toluca. *Ciencia Ergo Sum* 4: 316-326.
- Castelán, O. O., Estrada, F. J., Espinoza. O.A., Sánchez, V.E., Ambriz, V.V., y Hernández, O.M. 2008. Strategies for the management of agroecosystem resources in temperate zones of Mexico: the

case of campesino milk farmers in the central highlands. En: Castelán OO, Bernués JA, Ruíz SR, Mould FL (Eds.). Opportunities and challenges for smallholder ruminant systems in Latin America, resource management, food safety, quality and market access. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. pp: 133-160.

Cerbulis, J. and H. M. Farell, Jr. 1975. Composition of milk of dairy cattle. I. Protein, lactose and fat contents and distribution of protein fraction. J. Dairy Sci. 58 : 817.

Cervantes, E. f. y Cesín, V. A. La lechería rural y urbana en México análisis comparado entre los altos de Jalisco y Xalmimilulco, Puebla. Álvarez, M. A., Cervantes, E. F y Espinoza, O. A. Agroindustria rural y territorio. Tomo II. México, CIGOME, S.A de C.V. 2007. P 81-97.

Cervantes, E. F., Villegas, G. A., Cesin, V, A., Espinoza, O. A. 2008. Los Quesos Mexicanos Genuinos. Patrimonio Cultural que Debe Rescatarse. pp 15-21

Chi, Hernández L. V. 2006. Calidad de leche cruda en hatos de bovinos de doble propósito, en Campeche, México. Tesis de licenciatura. Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Universidad Autónoma de Chapingo

Church, D.C. 1992. Fundamento de nutrición y alimentación animal, Ed. Limusa. P. 438.

Coates, D. B., Penning, P. D. 2000. "Measuring animal performance", en: L.'t Mannelje and R. M Jones (Eds), *Field and Laboratory Methods for Grassland and Animal Production Research*, CABI Publishing, CAB International, Wallingford. 353-402 pp.

Coates, D. B., Penning, P. D. 2000. "Measuring animal performance", en: L.'t Mannelje and R. M Jones (Eds), *Field and Laboratory Methods for Grassland and Animal Production Research*, CABI Publishing, CAB International, Wallingford. 353-402 pp.

CONARGEM, 2000. Comité Nacional de los Recursos Genéticos. Plan de acción. México, D. F. 127p

- Cook, C. W., Harris, L. E. y Young, M. C. 1967. Botanical and nutritive content of diets of cattle and sheep under single common use on mountain range. *Journal of Animal Science*. 26:1169-1174.
- Czerkawski, J. W. y Breckenridge, G. 1977. Design and development of a long-term rumen simulation technique (Rusitec). *British Journal Nutrition*. 38, 371- 383.
- Davies, Z.S., Brooks, E., Theodorou, M.K., Griffith, G.W., Merry, R.J. 1999. Effect of inoculant an enzyme additive on fermentation characteristics and gas production of grass silage. *Proceeding of the British Society of Animal Science*. Scarbourouy, U.K. p. 145.
- Davidson, S., Hopkins, B.A., Diaz, D.E., Bolt, S.M., Brownie, C., Fellner, V. and Whitlow, L.W. 2003. Effects of amounts and degradability of dietary protein on lactation, nitrogen utilization, and excretion in early lactation Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 86:1681-1689.
- Demment. M. W., Van Soest, P.J. 1985. A nutritional explanation for body-size pattern of ruminant and nonruminant herbivores. *Am. Nat.* 125, 641-672.
- DePeters, E. J. and J. D. Ferguson. 1992. Non-protein nitrogen and protein distribution in the milk of cows. *J. Dairy Sci.* 75 : 3192.
- Devendra, C. 1990. "The use of shrubs and tree fodder by ruminants", en *Shrubs and fodder for farm animals*. *Proceedings of a workshop in Denpasar, Indonesia*. 42-60 p.
- EMM. 2005. Enciclopedia de los municipios de México. Estado de México, (en línea) Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, Gobierno del Estado de México. http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_mexico (Consultada el 17 de septiembre de 2011).
- Escamilla, G. J., Ángeles, C.S., Corona, G.L., Melgarejo, V.L. y Spross, S.K. 2000. Cap I. Clasificación de los alimentos. En: *División sistema Universidad abierta y educación a distancia: Alimentación animal, Forrajes y concentrados. Bovinos*. Ed. UNAM 1-26.

- Esparza J, S. 2009. Análisis de costos de producción y rentabilidad de la lechería de doble propósito en el municipio de Zacazonapan, Estado de México. Tesis de Licenciatura de Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Centro Universitario UAEM Temascaltepec. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Esparza J, S. 2012. Respuesta productiva y económica de la suplementación en vacas doble propósito en Zacazonapan, Estado de México. Tesis de maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Espinoza OA, Álvarez MA, Valle MC, Chauveted M. 2005. La economía de los sistemas campesinos de producción de leche en el Estado de México. *Técnica Pecuaria México* 43: 39-56.
- Estrada-Liévano JM, Sandoval-Castro CA, Ramírez-Avilés L, Capetillo-Leal CM. In vitro fermentation efficiency of mixtures of *Cynodon nlemfuensis*, *Leucaena leucocephala* and two energy sources (maize or sugar cane molasses). *Trop Subtropical Agroecosys* 2009;10(3):497-503.
- Ferguson, J. D. 1996. Milk Urea Nitrogen. Center for animal health and productivity.
- Flores, C., et al. 2002. "Evaluación del muestreo manual para estimar la composición de la dieta de novillos en pastoreo". *Memorias de la XXX Reunión de AMPA*. Guadalajara, México. 29-32 pp.
- Fondevila, M. y Barrios, A. 2001. La técnica de producción de gas y su aplicación al estudio del valor nutritivo de los forrajes. *Rev. Cubana. Agric.*, 353: 197-206.
- Forbes, J.M. *Voluntary Food Intake and Diet Selection in Farm Animals*, CAB International, Wallingford, Oxon, Reino Unido. Pp 66.68.
- Forwood. J. R., Stypink, P. y Paterson, J.A. 1989. Forage selection by cattle grazing orchard grass-legume pastures. *Agronomy journal*. 81:409-414.

- Galt, H. D., Ogden P. R., Ehrenreich J. H., Theurer B. y Clark M. 1980. Estimación de la composición botánica de muestras de forraje obtenidas de novillos con fistula esofágica, por el método de punteado microscópico. En: Rendimiento del pastizal. P. 173-177.
- García – Bojalil, L, C. M., C. R. STAPLES, C. A. RISCO, J. D. SAVIO, and W. W. THATCHER. 1998. Protein degradability and calcium salts of long chain fatty acids in the diets of lactating dairy cows : Productive Responses. J. Dairy Sci. 81(5) : 1374.
- Gasque, G. R y M. A. Blanco, 2001. Zootecnia en bovinos productores de leche. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. Departamento de Producción Animal: rumiantes. pp. 9,16-22.
- GibbsIBB, M. J.; C. A. HuakleUCKLE; R. NuthallUTHALL. 2002. Effects of level of concentrate supplementation on grazing behaviour and performance by lactating dairy cows grazing continuously stocked grass swards. Anim. Sci. 74:319-335.
- González, E. A., Améndola, R. M. 2010. Técnica microhistológica para la determinación de la composición botánica de la dieta de herbívoros. Universidad Autónoma Chapingo. P. p: 85-105
- González-Esquivel, C.; Ríos-Granados, H.; Brunett-Pérez, L.; Zamorano-Camiro, S. y Villa-Méndez, C. I. 2006. ¿Es posible evaluar la dimensión social de la sustentabilidad? Aplicación de una metodología en dos comunidades campesinas del Valle de Toluca, México. Convergencia, 13 (enero/abril), Núm. 040, 107- 139.
- Gutiérrez Orellana, M. A. 1996 Pastos y forrajes en Guatemala, su manejo y utilización, base de la producción animal. Guatemala, Ed. E y G. 78, 96-98p.
- Henley S. R., Smith D. G., y Raats JG .2001. Evaluation of 3 techniques for determining diet composition. Jornal of Range Management 54: 582-588.
- Hodgson, J. 1994. Manejo de pastos: Teoría y Práctica. Ed. Diana. 81 p.

- Holecheck, J. L., Pieper, R. D., y Herbel, C. H. 1989. Range Management. Principles and practices, prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 501 p.
- Holecheck, J. L., Vavra. M., Pieper, R. D. 1982. Botanical composition determination or range herbivore diet: a review. J. Range Management.35: 309-315.
- Hussein, G., Nakamura, N., Meselhy, M. R., Hattori, M., 1999. Phenolic from *Maytenus senegalensis*. Phytochemistry 50:(4), 689–694.
- Jones, D. I. H. Y Hayward, M. Y. 1975. The effects of pepsin pre-treatment of herbage on the prediction of dry matter digestibility from solubility in fungal cellulase solution. Journal Science Food Agriculture. 26, 711-718.
- Jung, A. G. y Allen, M. S. 1995. Characteristics of plants cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminant. J. animal Sciens. (73). 2774-2790.
- Kellaway, R.; S. Porta. 1993. Feeding concentrates supplements for dairy cows. Dairy Research and Development Corporation. Australia.
- Kolver, E. S.; L. D. Muller. 1998a. Performance and nutrient intake of high producing Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. J. Dairy Sci. 81: 1403-1411.
- Krishnamuthy, L. y Leos- Rodríguez. 1994. Agroforesteria en desarrollo. Universidad Autónoma Chapingo. 281p.
- Liconsá, S. A. de C. V. (2005). *Programa de abasto social de leche*. <https://www.liconsá.gob.mx/programa-abasto-social>.
- Makkar, H.P.S. 1993. Antinutritional factors in foods for livestock. Occasional publication. British Society of Animal Production. 16,69-85.

- Makkar, H.P.S. 2003. Effect and fat of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannins-rich feeds. *Small Ruminant Research*. 49, 241-256.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalg, J. F. P. y Morgan, C. A. 2001. *Animal Nutrition* 6ed. Prentice Hall. London, UK. 108-145p.
- McSweeney, C.S, Palmer, B., McNeill, D.M., Krause, D.O. 2001. Micobial interaction with tannis: nutritional consequences for ruminants. *Animal Feed Science and Technology*. 91, 83-93.
- Mehrez, A.Z. y Ørskov, E. R. 1977. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *Journal Agriculture Science*. 88, 645-650.
- Meijs, J.; Hoekstra, J. 1984. Concentrate supplementation of grazing dairy cows. 1. Effect of concentrate intake and herbage allowance on herbage intake. *Grass and Forage Sci*. Vol 39. 59-66.
- MeijsEIJIS, J. 1986. Concentrate supplementation of grazing dairy cows. 2. Effect of concentrate composition on herbage intake and milk production. *Grass and Forage Sci*. Vol 41. 229-235.
- Menke, K. H., Steingass, H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal Reserch Development*. 28, 7-55.
- Menke, K.H., Raab, L. Salewski, A., Steingass, H., Frite, D., Schneider, W. 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when are incubated with rumen liquor in vitro. *Journal Agricultural Science*. 93, 217-222.
- Mertens, D.R. 1973. Application of theoretical mathematical models to cell wall digestion and forage intake in rumiants, PhD. Dissertation. Cornell University, Ithaca; N.Y.
- Mertens, D.R. and L. O. Ely. 1982. Relationship of rate and extent of digestion to forage utilization - a dynamic model evaluation. *J. Anim. Sci*. 54:895.

- Miller, W. J. 1979. Dairy Cattle Feeding and Nutrition, Academy Press.
- Mohammad A. G., Pieper RD, Wallace JD, Holechek JL y Murray LW. (1995.). Comparison of fecal analysis and rumen evacuation techniques for sampling diet botanical composition of grazing cattle. J. Range Management 48: 202-205.
- Montagnini, F. 1992. Sistemas agroforestales. Organización para estudios tropicales. San José, Costa Rica. 622 p.
- Montaldo, H.H., Castillo-Juárez., Valencia-Posadas, M., Cienfuegos Riva, E. E., Ruiz-López, F.J. 2010. Genetic and environmental parameters for milk production, udder health and fertility traits in Mexican Holstein cows. Journal of Dairy Science. 93(5): 2166-2177.
- Muñoz M, Odermatt P, Altamirano J. 1995. Retos y oportunidades del sistema lechero ante la apertura comercial. Reporte de investigación No. 29. Texcoco (México) México, C.I.E.S.T.A.A.M. Universidad Autónoma Chapingo.
- National Research Council. 1989. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 6ed. National Academy Press, Washington, D.C.
- Oltner, R. and H. Wiktorsson. 1983. Urea concentration in milk and blood as influenced by feeding varying amounts of protein and energy to dairy cows. Livest. Prod. Sci. 10 : 457.
- Ortiz, R.A. 2013. Evaluación del sistema de producción bovino de Zacazonapan desde un enfoque silvopastoril. Tesis de Doctorado en Ciencias y Recursos Naturales. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Pedraza, O.R.M. 2001. Estimación del valor nutritivo de los alimentos para rumiantes con énfasis en las técnicas *in sacco* y de producción de gas *in vitro*. Revista Producción Animal. 13,1.

- Peña, J.M. 1981. Métodos para determinar la composición botánica de la dieta de ganado doméstico y fauna silvestre. Tec. Pec. Méx. 40:52-59.
- Pérez, M. (dir). 1982. Manual sobre Ganado Productor de Leche. Ed. Diana. México.
- Petit, A. J., Casanova, L. F. y Solorio, S, F.J. 2009. Asociación de especies arbóreas forrajeras para mejorar la productividad y el reciclaje de nutrimentos. Agricultura Técnica en México, No. Enero-Marzo. Pp. 107-116.
- Peyraud, J. L.; L. Delaby. 2001. Ideal concentrate feeds for grazing dairy cows responses to supplementation in interaction with grazing management and grass quality. Page 203 in Recent Advances in Animal Nutrition. Garnsworthy, P. C., and J. Wiseman, eds. Nottingham University Press.
- Posada, S.L. y Noguera, R.R. 2005. Técnica *in vitro* de producción de gases: Una herramienta para la evaluación de alimentos para rumiantes. Livestock Research for Rural Development. 17, 4.
- Radulovich, R. 1994. Tecnologías productivas para sistemas agrosilvopecuarios de ladera con sequía estacional. Serie Técnica, Informe Técnico No. 222. Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. Pp. 190.
- Between milk urea nitrogen and fertility in Ohio dairy cows. Journal of Dairy Science. 84:482-489.
- Ramachandran, N, P.K. 1997. Agroforestería. Universidad Autónoma Chapingo. Pp. 543.
- Rayas-Amor A, Estrada-Flores JG, Lawrence-Mould F, Castelán-Ortega O. 2012. Nutritional value of forage species from the Central highlands región of Mexico at different stages of maturity. Ciencia Rural 42(4): 705-712.
- Rivas L. y F. Holmann. 2002. Sistemas de doble propósito y su viabilidad en el contexto de los pequeños y medianos productores en América latina tropical. In: Curso y Simposium Internacional.

- Actualización en el manejo de ganado bovino de doble propósito. UNAM. Martínez de la Torre, Veracruz. México. pp. 13-53.
- Rodea, O. A., Martínez, G. A., Rojo, R. R., y Albarrán, P. B. 2010. Efecto de los sistemas de producción bovino de Zacazonapan sobre la diversidad vegetal en las unidades de producción (UP). Los grandes retos para la ganadería: hambre, pobreza y crisis ambiental. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. P. p 105-113.
- Roseler, D. K., J. D. Fergusson, C. J. Sniffen and J. Herrama. 1993. Dietary protein degradability effects on plasma and urea nitrogen and milk non-protein nitrogen in Holstein cows. J. Dairy Sci. 76 : 525.
- SAGARPA. Secretaria de Ganadería, Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2001). Servicios de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). www.siap.sagarpa.gob.mx
- SAGARPA. Secretaria de Ganadería, Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2008. Servicios de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). www.siap.sagarpa.gob.mx
- Santos, M A. 1992. Química y bioquímica de los alimentos, 2 vol. Ingeniería agroindustrial, Universidad Autónoma Chapingo.
- SAS Institute., 2002. SAS User's Guide: Statistics. Ver 9.0. SAS Institute. Cary, N.C. USA. 956 p.
- Schofield, P., Pell, A.N. 1995. Validity of using accumulated gas pressure weddings measure forage digestion in vitro: a comparation involving three forage. J. Dairy Science. 78:2232-2238
- Sepúlveda P. L., Pelliza de S. A., y Manacorda. M. (2004.) La importancia de los tejidos no epidérmicos en el microanálisis de la dieta de herbívoros. Ecología Austral 14: 31-38.
- Shimada, A.1993. Fundamentos de nutrición animal comparativa. Consultores de producción animal.

- Sevilla, E. 1999. Asentamientos rurales y agroecología en Andalucía. En: Memorias del Encuentro Internacional "La agricultura y la alimentación en las relaciones Sur-Norte". Editado por la Universidad de Pompeu Fabra, Barcelona. pp. 2-11
- Sparks, D. R. y Malecheck, J. C. 1968. Estimation percentage dry weight in diet using a microscope technique. *J. Range Management*. 21:264-265.
- St-Pierre, N. R. 2001. Integrating quantitative findings from multiple studies using mixed model methodology. *J. Dairy Sci.* 84:741-755.
- Tamminga, S. 1992. Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control. *Journal of Dairy Science*. 75:345-357.
- Theodorou, M. K., Williams B. A., Dhanoa M. S, McAilan A. B., France, J. 1994. A Simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology* 48, 185-197.
- Theodorou. M. K., Williams, B. A., Dhanoa, M.S. McAllan, A. B y France, J. 1994. Simple gas production methods using a pressure trasducer to determine the fermentation kinetics of rumiant feeds. *Animal Feed Science and Technology*. 185-197 pp.
- Tilley, J. M. A. y Terry, R. A. 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage
- Van Soest. P. J. 1982. Nutritional ecology of the rumiant: Rumiant metabolism, nutritional strategies, the cellulolytic fermentation and the chemistry of forages and fibers. Cornell University. 373 p.
- Van Soest. P. J. 1994. Nutritional ecology of the Rumiant t. Second Edition. Cornell University Press NY. 476 pp.
- Van Soest. P. J., Robertson, J., Lewis, B. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nontarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. dairu Sci.* 74,3583-3597.

Villegas, G, A, y Moreno, S, A, 2003. Calidad de la leche cruda, pp. 15-23

Waldo, D.R; and Jorgensen, N.A. 1981. Forages for high animal production: nutritional factors and effects of conservation. J. Dairy Sci. 64: 1207.

Walker, J. W. 2002. Calibrating fecal NIRS equations for predication botanical compo Winder, J. A., Walter, D. A. y Baley, C. C. 1996. Effects of bread botanical composition of cattle diets on Chihuahua desert. J. Range. Manage. 49:209-214.

Williams, B.A. 2000. Cumulative gas-production techniques for forage evaluation. In: Givens, D. I., Owen, E., Omed, H. M. and Axford, R. F. E. (editors). Forage Evaluation in Ruminant Nutrition. Wallingford (UK). CAB International. 475 p.

Wilson, A. D., Weir, W. A. y Torrel, D. T. 1971. Evaluation of chamise (*Adenostoma fasciculatum*) and interior live oak (*Quercus wislizenii*) as feed for sheep. J. Anim. Sci. 32:1042-1045

Wright, T. C., S. Moscardini, P. H. Lumes, P. Susmel, AND B. W. McBride. 1998. Effects of rumen undegradable protein and feed intake on nitrogen balance and milk protein production in dairy cows. J. Dairy Sci. 81(3) : 784.

Xu, L., Diosady, L.L., 1997. Rapid method for total phenolic acid determination in rapeseed/canola meals. Food Res. Int. 30:(8), 571–574.

X. Anexos

Anexo 1. Cuadro de registro de frecuencias de fragmentos de especies presentes en las laminillas temporales

Campo	Especie 1			Especie 2			Especie 3			Especie 4			Especie 5			Especie 6			Especie 7			Especie 8			
	Hoja	Tallo	Flor/ fruto	Hoja	Tallo	Flor/ fruto	Hoja	Tallo	Flor/ fruto	Hoja	Tallo	Flor/ fruto	Hoja	Tallo	Flor/ fruto	Hoja	Tallo	Flor/ fruto	Hoja	Tallo	Flor/ fruto	Hoja	Tallo	Flor/ fruto	
	1																								
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8																									
9																									
10																									
11																									
12																									
13																									
14																									
15																									
16																									
17																									
18																									
19																									
20																									
Total																									