



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**“SUPLEMENTACIÓN ENÉRGICA Y DETERMINACIÓN DE
LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA DE LA DIETA DE VACAS DE
DOBLE PROPÓSITO, EN LA REGIÓN SUR DEL ESTADO DE
MÉXICO”**

TESIS

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

PRESENTA:

M en CARN. ISELA GUADALUPE SALAS REYES

TEMASCALTEPEC, MÉXICO, 2018



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**“SUPLEMENTACIÓN ENÉRGICA Y DETERMINACIÓN DE
LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA DE LA DIETA DE VACAS DE
DOBLE PROPÓSITO, EN LA REGIÓN SUR DEL ESTADO DE
MÉXICO”**

TESIS

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

PRESENTA:

M en CARN. ISELA GUADALUPE SALAS REYES

COMITÉ DE TUTORES

Ph D. BENITO ALBARRÁN PORTILLO

Ph D. CARLOS MANUEL ARRIAGA JORDÁN

Dra. en CARN. JULIETA GERTRUDIS ESTRADA FLORES

TEMASCALTEPEC, MÉXICO, MAYO 2018

DEDICATORIA

A MIS PADRES

Por brindarme los medios para poder concluir esta etapa de mi vida satisfactoriamente, por su compañía, apoyo y sobre todo por el amor que me han dado GRACIAS papas los amo.

A MI HIJA

Por convertirse en un rayito de luz que me da fuerza para seguir superándome día con día

A MIS HERMANOS

Vero, Lore, Jeni, Dani y César, por el amor que me han dado y sobre todo por ser mi refugio en días estresantes, con sus locuras iluminan hasta el peor día...

A MIS ABUELOS

Por darme la razón para elegir el estudio del sector agropecuario, por enseñarme que sobre todas las cosas la tierra nos brinda las mejores oportunidades económica y socialmente, pero conservando al mismo tiempo el mundo en el cual crecerá mi tesoro máspreciado, mi hija...

Resumen

El objetivo de este trabajo fue en primer lugar evaluar la respuesta económica de suplementos alternos al suplemento tradicional de productores de DP (doble propósito) en la región suroeste del Estado de México en las épocas de estiaje de los años 2010, 2012, 2014 y derivado de los resultados de comparación posteriormente se determinó la respuesta productiva y económica a la suplementación con dos fuentes energéticas en dietas de vacas de DP en lactancia, durante la época de estiaje lo cual se complementó con la estimación de la composición botánica de la dieta (CBD) del mismo tipo de vacas, diferenciando cuatro estaciones (invierno, primavera, verano y otoño) en un año, mediante el análisis microhistológico de heces. Se tomó información de experimentos realizados en 2010, 2012 y 2014 realizados en una unidad de producción (UP) que se seleccionó por intención, en la región suroeste del Estado de México los cuales tienen como característica el uso de Maíz mazorca (Mm, planta de maíz completa triturada), además se incluyó información del experimento realizado en 2015 en la misma UP, para el cual se utilizaron 18 vacas multíparas Pardo Suizo en pastoreo agrupadas aleatoriamente en 3 suplementos, Suplemento control (SC) consistió en Mm (87%), pasta de soya (11%) y urea (2%); Suplemento GMS (reemplazo de 20% de Mm con 20% maíz molido), y suplemento MOS (18% de melaza como reemplazo de Mm). Los datos fueron analizados con el procedimiento Modelo Mixto de SAS en un diseño completamente aleatorio. Se determinaron márgenes netos de ganancia (MNG) de leche y carne (kg de becerro destetado) mediante presupuestos parciales; mientras que para estimar la CBD se utilizaron vacas en producción sin importar sus características productivas, durante un año se colectaron mensualmente muestras de heces vía rectal, se midió el rendimiento y composición química de la leche y se determinó el peso y condición corporal de las vacas, además se determinó la composición botánica del agostadero (CBA). En la comparación de la respuesta económica de los cuatro experimentos se observó que los suplementos alternos permiten mantener niveles de producción de leche similares a los logrados con suplementos tradicionales pero a un menor costo. En el experimento de suplementación de 2015, no existieron diferencias ($p>0.05$) entre rendimientos de leche de las vacas que recibieron CS y MOS (6.2 y 7 kg/vaca/día,

respectivamente). Los rendimientos de leche de vacas que recibieron MOS fueron mayores ($p < 0.05$) que en las vacas que recibieron GMS (5.7 kg/vaca/día). No existieron diferencias significativas ($p > 0.05$) en las demás variables de respuesta. El reemplazo parcial de mazorca de maíz quebrado con maíz molido o melaza de caña, no afectó la respuesta productiva de las vacas, ni ganancia de peso de becerros. Los MNG combinados (leche y carne) fueron en promedio 9% mayores para el suplemento con melaza. En cuanto a la CBD durante invierno y primavera el consumo de herbáceas es prácticamente nulo, aumentando su consumo en verano y otoño; en el caso de arbóreas el consumo mayor de este grupo se da en primavera, donde las condiciones climáticas son más severas. Mediante la CBD se estimaron los valores nutricionales de la misma observando que en las estaciones de invierno y primavera el contenido de PC y EM de la dieta es de 95 g/kg de MS y 9.1 MJ respectivamente, mientras que para verano y otoño fue de 140 g/kg de MS y 8.5 MJ. Por lo tanto se concluye que la elaboración de suplementos basados en Mm producido en la región, complementado con cantidades estratégicas de fuentes energéticas, permiten disminuir costos de producción de leche por concepto de alimentación, además ofrecer este tipo de suplementos como complementación al pastoreo extensivo permite mantener niveles de producción viables para la persistencia de la UP.

Agradecimientos

Al Dr. Benito Albarrán Portillo, por su apoyo y contribución para la realización de este trabajo y sobre todo por su amistad durante estos 10 años en los cuales he formado parte de su equipo de investigación.

Al Dr. Carlos Manuel Arriaga Jordán, por su contribución en la realización de este trabajo.

A la Dra. Julieta G. Estrada flores por brindarme todo su apoyo y aún más importante su amistad.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento del proyecto “Evaluación de la sostenibilidad de los sistemas de producción de leche en pequeña escala” con clave 129449.

Al señor Jesús Arroyo por su colaboración en la realización de este trabajo.

Índice general

Resumen	I
Agradecimientos	III
Índice general.....	IV
Índice de cuadros	VII
Índice de figuras	IX
I. Introducción	10
II. Justificación	13
III. Revisión de literatura	15
3.1 Panorama y expectativas de la producción nacional de leche en México	15
3.2 Producción estatal y regional de leche	17
3.3 Sistema de producción doble propósito.....	18
3.4 Descripción del sistema de producción doble propósito en Zacazonapan	19
3.4.1 Sistema de alimentación.....	20
3.5 Uso de melaza en suplementos de rumiantes	23
3.6 Metabolismo	24
3.6.1 Metabolismo energético.....	24
3.6.1.1 Energía	24
3.6.1.2 Metabolismo de carbohidratos.....	26
3.6.1.3 Metabolismo de carbohidratos en rumiantes	26
3.6.2 Metabolismo proteico.....	27
I. Hipótesis.....	30
II. Objetivos.....	30
IV. Metodología	32
6.1 Zona de estudio	32

6.2 Selección de la unidad de producción	32
6.3 Comparación de la respuesta productiva y económica a diferentes niveles de suplementación.....	32
6.4 Suplementación energética	34
6.4.1 Tratamientos.....	34
6.4.2 Unidad experimental.....	35
6.4.3 Periodos experimentales	35
6.4.4 Variables de respuesta animal.....	35
6.5 Análisis Microhistológico de heces	36
6.5.1 Periodos de estudio	36
6.5.2 Selección de animales.....	36
6.5.3 Colección de muestras de heces.....	37
6.5.4 Preparación de laminillas patrón.....	37
6.5.5 Preparación de laminillas temporales.....	38
6.5.6 Cuantificación de especies identificadas en las laminillas	38
6.5.7 Estimación de valor nutritivo de las especies vegetales	40
6.5.8 Estimación del valor nutritivo de la dieta.....	40
6.5.7 Determinación de acumulación neta de forraje.....	41
6.6 Determinación de masa herbácea	42
6.7 Determinación de composición morfológica	43
6.8 Análisis estadístico	43
7. Resultados.....	45
7.1 Capitulo de libro publicado. Evaluación económica de la utilización de suplementos en la alimentación de vacas de doble propósito en el suroeste del estado de México .	45

7.2 Artículo enviado. Productive and economic response to partial replacement of cracked maize ears with ground maize or molasses in supplements for grazing Brown Swiss dual-purpose cows during the dry season	61
7.3 Segundo artículo (borrador). Composición botánica y valor nutricional de la dieta de vacas de doble propósito en pastoreo extensivo	83
VII. Discusión general	93
VIII. Conclusión general	95
IX. Implicaciones	96
XI. Bibliografía general	97
XII. Anexos	103

Índice de cuadros

Cuadro 1. Respuesta productiva a la suplementación con tres suplementos con dos niveles de proteína cruda en vacas doble propósito en producción.....	21
Cuadro 2. Respuesta productiva a la suplementación con tres suplementos con 3 niveles de proteína cruda en vacas doble propósito en producción	22
Cuadro 3. Respuesta económica a la suplementación con tres suplementos con 3 niveles de proteína cruda en vacas doble propósito en producción	23
Cuadro 4. Comparación de las principales características del catabolismo y el anabolismo.....	24
Cuadro 6. Ingredientes de los suplementos utilizados en 2010, 2012, 2014 y 2015.....	34
Cuadro 5. Ingredientes utilizados en cada uno de los suplementos.	35
Cuadro 6. Ingredientes de los suplementos utilizados en 2010, 2012, 2014 y 2015.....	53
Cuadro 7. Comparación de la respuesta económica a la suplementación alternativa (SA) vs suplementación tradicional basada en maíz-mazorca y concentrado comercial (CC) (50:50).....	56
Cuadro 8. Desglose de componentes en porcentaje de los costos de producción considerando el costo de la mano de obra familiar (CMOF) y sin considerar el costo de la mano de obra familiar (SMOF).	57
Table 9. Herbage chemical characteristics (g/kg) and gas production curve parameters.	78
Table 10. Ingredients and chemical composition of control (CS), ground maize (GMS), and molasses (MOS) supplements (g/kg DM).....	79
Table 11. Least squares means of animal response variables due to control supplement (CS), ground maize supplement (GMS) and, molasses supplement (MOS) on Dual-purpose lactating cows during dry season	80
Table 12. Milk and beef production cost due to supplements: control (CS), maize meal (GMS) and molasses (MOS)	81

Cuadro 13. Valor nutritivo promedio de las especies vegetales encontradas en la CBD de vacas doble propósito en pastoreo extensivo	89
Cuadro 14. CBA, CBD y aporte de PC a la dieta de vacas doble propósito.....	90
Cuadro15. Valor nutritivo estimado a partir de la composición botánica de la dieta de vacas de doble propósito, para cada estación del año (año 2015)	91

Índice de figuras

Figura 1. Precios nacionales de la pasta de soya y maíz amarillo, en pesos por tonelada 2013	16
Figura 2. Suministro total de leche: Producción, importaciones (leche, derivados y productos lácteos en términos de Leche Equivalente) 2015 (LACTODATA, 2016a)	16
Figura 3. Inventario ganadero (Bovinos carne y leche, % de cabezas de ganado y producción por entidad federativa) (SAGARPA, 2016)	17
Figura 4. Estacionalidad en la producción de leche de bovino a lo largo del año en México de 1992-2013	19
Figura 5. Esquema del metabolismo de la proteína en la vaca lactante	29
Figura 6. Evolución del margen de ganancia de la estrategia tradicional (Mm/CC, 50:50), la estrategia alterna (SA) y, el caso hipotético de una suplementación basada en concentrado comercial de 100% (CC).....	57
Figure 7. Available herbage mass (AHM) (kg/ha DM), morphological composition (kg/ha DM) throughout experimental weeks.....	82
Figura 8. Temperatura y precipitación pluvial del municipio de Zacazonapan, Estado de México, para el año 2015.....	87
Figura 9. Composición botánica del estrato herbáceo del agostadero	88
Figura 10. Composición botánica de la dieta de vacas de doble propósito por grupo vegetal.....	89

I. Introducción

La producción nacional de leche desde el año 2010 ha registrado un crecimiento anual de 1.3%, a excepción de 2013 donde la producción cayó -0.18%. El volumen de producción acumulado para diciembre del 2017 fue de 12,155,880 t. En ese año se registró un crecimiento de + 1.72% mayor con respecto al mismo periodo del año 2016 (LACTODATA, 2018a). A pesar del continuo crecimiento, México tiene un coeficiente de dependencia de leche descremada en polvo del 30% (LACTODATA, 2016a:5). Aunado al conocimiento de los grandes problemas que enfrentan los productores con el recorte en la compra de leche entera por parte de LICONSA (El Financiero, 2015), se enfrentan a las condiciones climáticas (estacionales), en particular de la disponibilidad de pastos en temporada de estiaje, aunque la diferencia de la participación relativa de los cuatro meses de mayor y menor producción a lo largo del año (que corresponden a lluvias y estiaje) disminuyó, en 1992 era de 11.81% contra 3.72% en 2017, esto quiere decir que la variabilidad del nivel de producción ha disminuido significativamente durante este período (1992-2017), lo que refleja cambios importantes en el manejo de las explotaciones lecheras y en la proveeduría del alimento para el ganado estabulado (LACTODATA, 2018a).

Sin embargo en la ganadería de DP el sistema de alimentación en las UP del suroeste del Estado de México, está determinado por la disponibilidad de forrajes. En la época de lluvias la alimentación de todo el ganado se basa 100% en pastoreo, sin ningún tipo de suplementos. Por el contrario, en la época de estiaje (Diciembre a Mayo), ante la disminución de la disponibilidad y baja calidad de los forrajes, los productores suplementan a sus animales para mantener niveles adecuados de producción de leche en vacas y, mejorar la ganancia de peso de los becerros (Ortiz-Rodea *et al.*, 2010).

Albarran *et al.*, (2015) determinaron que la alimentación en UP de DP representa el 50 a 70% del costo de producción de 1 kg de leche en época de estiaje, por lo que la viabilidad económica de este tipo de UP, depende de la capacidad de producir leche lo más barato posible para poder ser competitivos. Aunque la venta de becerros destetados genera el 48% de los ingresos, mientras que la leche genera el 42 esta última genera ingresos

diarios que permiten cubrir los costos de operación de la UP (mantenimiento de los becerros), así como las necesidades económicas de la familia del productor (Salas *et al.*, 2013), por lo que es necesario desarrollar estrategias de alimentación que reduzcan la dependencia de insumos externos de las UP y el costo de producción de un kg de leche, además de mantener los niveles de.

Se ha reportado que la energía metabolizable (ME) es una de las principales restricciones para la producción de ganado en condiciones tropicales debido al bajo valor nutricional de los forrajes (debido principalmente al alto contenido de fibra) (Absalón-Medina *et al.*, 2011), sobre todo en la época de estiaje.

Una de las actividades que realizan productores de la región y que permiten mantener los costos de los suplementos lo más bajo posible, es triturar parcialmente el Mm en lugar de molerlo, a fin de reducir el costo del procesamiento. Sin embargo, la digestibilidad total del Mm es menor (87.6%), en comparación con el maíz molido (91.7%) (Owens *et al.*, 1986). Con frecuencia, partículas grandes de maíz no degradadas aparecen en las heces que representan un desperdicio y un uso ineficiente de este recurso.

El almidón de maíz es la fuente más común de energía para el ganado lechero, que se degrada entre 4 a 6.4% / h. Las fuentes de carbohidratos con tasas de degradación más rápidas que el maíz pueden mejorar las condiciones ruminales, lo que resulta en una mejor respuesta productiva de los animales a la suplementación (Gehman *et al.*, 2006).

La melaza de caña de azúcar es una fuente de energía que se ha utilizado en suplementos para la alimentación del ganado en pastos de baja calidad en regiones tropicales (Vélez *et al.*, 2014; Granzin *et al.*, 2005 y Hunter *et al.*, 2016). Sin embargo, a pesar de la disponibilidad y el costo relativamente bajo, los agricultores en la región de estudio no incorporan este recurso en sus suplementos de ganado.

Como ya se mencionó el sistema de alimentación está basado principalmente en el pastoreo extensivo en agostaderos, que han sido descritos por Ortiz *et al.*, (2010), en los cuales hay una gran diversidad de especies vegetales en tres estratos diferentes el arbóreo, arbustivo y herbáceo. Por lo que los animales tienen diversas opciones como cuando, donde y cuanto forraje consumir, lo cual afecta el estado nutricional del animal

y la composición y valor nutritivo de las praderas (Soder *et al.*, 2009), además de que no existe control y conocimiento de la dieta consumida por el animal, esto reduce la posibilidad de diseñar sistemas de alimentación más apropiados y un manejo más adecuado de las áreas de pastoreo (Pinto *et al.*, 2014).

Las técnicas de análisis de contenidos estomacales para determinar los hábitos alimenticios de una especie dada, han venido sufriendo modificaciones. Las plantas tienen tejidos que las revisten, este tejido es la epidermis formada por diversos tipos de células con diferentes funciones, parte de la epidermis está compuesta por cutina la cual es indigestible durante el proceso digestivo de los herbívoros (González y Améndola, 2010). Por lo que puede usarse para determinar la composición botánica de la dieta de los animales rumiantes. El método más empleado para el estudio de composición de la dieta es el análisis microhistológico (Olivas *et al.*, 2014).

La técnica microhistológica (Holechek *et al.*, 1982), es una técnica rentable ya que hace uso de heces, las cuales se recomiendan 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 (Olivas *et al.*, 2014). No obstante se ha cuestionado la exactitud de la técnica, puesto que depende de la digestibilidad de las especies vegetales consumidos, lo cual puede llegar a subestimar o sobreestimar algunas especies consumidas (Osbaahr, 1999). Algunos autores han combinado este y otros métodos con la observación directa de los animales en campo y han tenido mejores resultados (Sosa *et al.*, 2000; Catan y Degano, 2007, Osbaahr, 1999).

Por lo tanto el objetivo de este estudio fue, en primer lugar evaluar la respuesta económica de suplementos alternos al suplemento tradicional de productores de DP (doble propósito) en la región suroeste del Estado de México en las épocas de estiaje de los años 2010, 2012, 2014 y derivado de los resultados de comparación posteriormente se determinó la respuesta productiva y económica a la suplementación con dos fuentes energéticas en dietas de vacas de DP en lactancia, durante la época de estiaje lo cual se complementó con la estimación de la composición botánica de la dieta (CBD) del mismo tipo de vacas, diferenciando cuatro estaciones (invierno, primavera, verano y otoño) en un año, mediante el análisis microhistológico de heces.

II. **Justificación**

El control de la dieta consumida por los bovinos permite desarrollar estrategias de alimentación para producir de forma sustentable, Salas (2011), reportó que el pasto estrella (*Cyndon plechtostachyus*) representa el 44% de la producción de forraje herbáceo de agostaderos en la región suroeste del Estado de México, además de otros pastos nativos e introducidos en menor proporción. Sin embargo existen pocos reportes de la proporción de forrajes tanto arbustivos como arbóreos en los agostaderos. Aunado a esto se desconoce la proporción y tipo de forrajes consumidos por el ganado. Debido a lo anterior es difícil desarrollar estrategias de alimentación que permitan dar solución a la problemática de las UP de DP, que es el alto costo de operación de la producción de un kg de leche, los cuales se tienen que disminuir para hacer más competitivas a las UP, como se sabe del 50 al 70% de los costos de operación están representados por concepto de alimentación, por la alta dependencia de insumos externos, por lo que una estrategia es usar cantidades estratégicas de insumos que nos permitan mejorar o mantener la producción de leche a un menor costo operativo.

En la región suroeste del Estado de México se encuentra el municipio de Zacazonapan, que es representativo de la producción de bovinos de DP del cual el 60% de la superficie se destina a la producción agropecuaria, teniendo que es la segunda actividad económica de importancia en la zona, y que este municipio a pesar de que solo representa el 0.63% del Estado de México tiene un importante inventario de bovinos, además es un municipio con una significativa producción de leche en la zona conjuntamente con la tradicional producción de queso tipo refregado característico de la región.

Por lo anterior el objetivo de este trabajo fue en primer lugar evaluar la respuesta económica de suplementos alternos al suplemento tradicional de productores de DP (doble propósito) en la región suroeste del Estado de México en las épocas de estiaje de los años 2010, 2012, 2014 y derivado de los resultados de comparación determinar la respuesta productiva y económica a la suplementación con dos fuentes energéticas en dietas de vacas de DP en lactancia, durante la época de estiaje lo cual se complementó

con la estimación de la composición botánica de la dieta (CBD) del mismo tipo de vacas, diferenciando cuatro estaciones (invierno, primavera, verano y otoño) en un año, mediante el análisis microhistológico de heces.

III. **Revisión de literatura**

3.1 Panorama y expectativas de la producción nacional de leche en México

Históricamente, México no ha sido un país autosuficiente en producción de leche, teniendo un coeficiente de dependencia alimentaria en este producto del 30 % (en forma de Leche descremada en polvo) (LACTODATA, 2016b). Analizando la situación de los productores nacionales ante las importaciones de leche, encontramos en primer lugar que la leche que México importa esta subsidiada, por lo que los productores se ven afectados de forma directa, ya que no existe una competencia leal.(SAGARPA, 2009).

Para el desarrollo y sostenimiento de la ganadería de leche se requiere una alta producción de forrajes de buena calidad y de granos como maíz y sorgo, de los cuales México es deficitario, teniendo la necesidad de importar grandes cantidades, por ejemplo en 2016 se importaron para consumo pecuario aproximadamente 11,206 miles de t, para 2017, 12,655 miles de t, por lo que las importaciones han ido aumentando al igual que el consumo(SAGARPA, 2018 a); en el caso de la soya se demandó para 2017 una cantidad de 4909.2 miles de t, de las cuales se importó el 77% (SAGARPA 2018b)

Desde 2006 se presentó un incremento sostenido en el precio internacional de maíz, por cambios en la política energética de los Estados Unidos de América, para utilizar el grano de maíz en la elaboración de biocombustible (etanol); provocando una alza en el costo de los insumos para los productores lecheros y en general una alza en el costo de la producción de la leche, teniendo la misma tendencia el precio de la pasta de soya (FAO, 2008), como se observa en la figura 1.

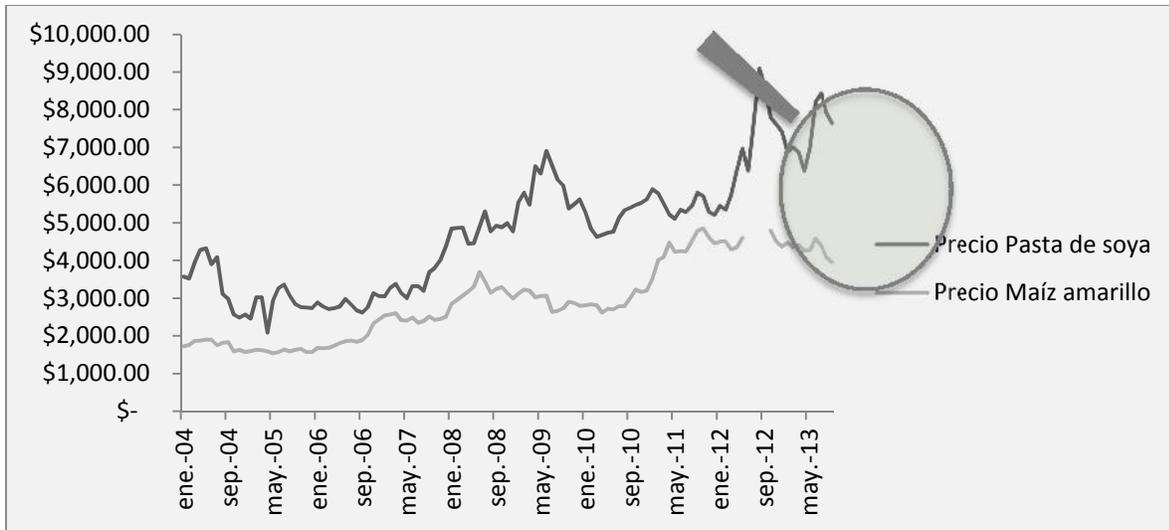


Figura 1. Precios nacionales de la pasta de soya y maíz amarillo, en pesos por tonelada 2013

México ocupa el décimo octavo lugar mundial dentro de los países productores de leche con una aportación de 10 millones 937 mil litros para 2012 (Figura 2). Después de la entrada del TLCAN (Tratado de Libre Comercio) ha incrementado su producción de leche, de tal manera que participo con el 2% de la producción total mundial para el periodo de 1994 a 2002, reportando una tasa de crecimiento anual de 2.9%.

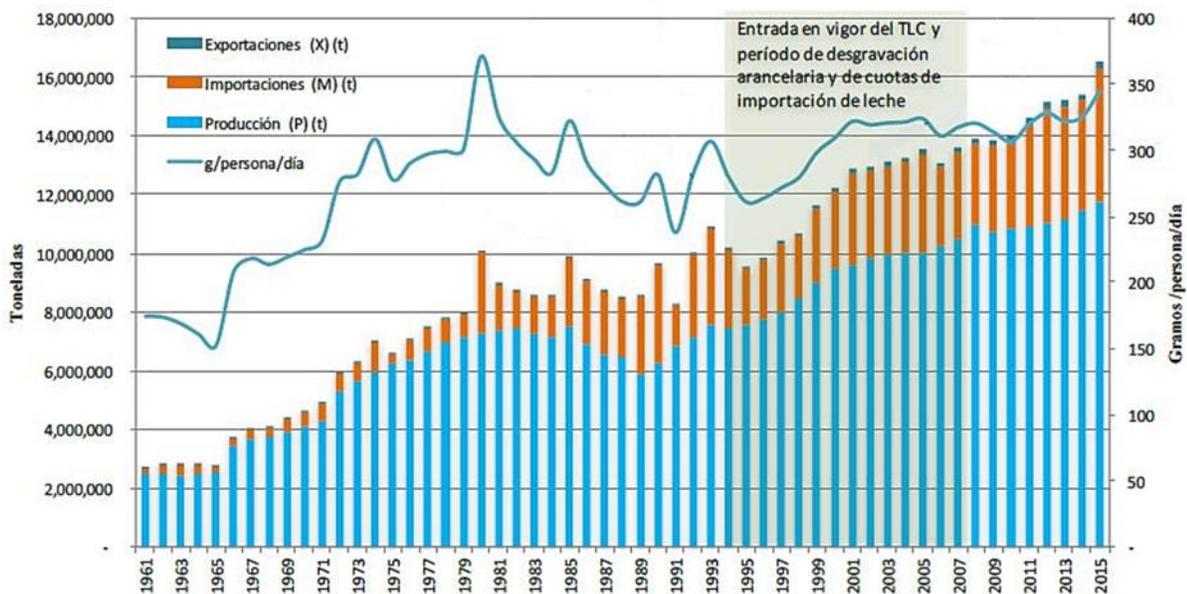


Figura 2. Suministro total de leche: Producción, importaciones (leche, derivados y productos lácteos en términos de Leche Equivalente) 2015 (LACTODATA, 2016a)

La producción de leche en México se desarrolla bajo diferentes sistemas de producción. Del total aproximadamente el 19.5 % lo aporta la lechería de doble propósito producida en el trópico, no obstante que en estas zonas se encuentra el mayor inventario ganadero como se observa en la figura 3. Las áreas tropicales y subtropicales de México tienen gran potencial para la producción de carne y leche, aproximadamente la mitad de la producción de carne bovina proviene de éstas zonas, mismas que han presentado un incremento de 200 % en los últimos 40 años, comparada con un 92 % de incremento en la producción mundial (FAOSTAT, 2006).

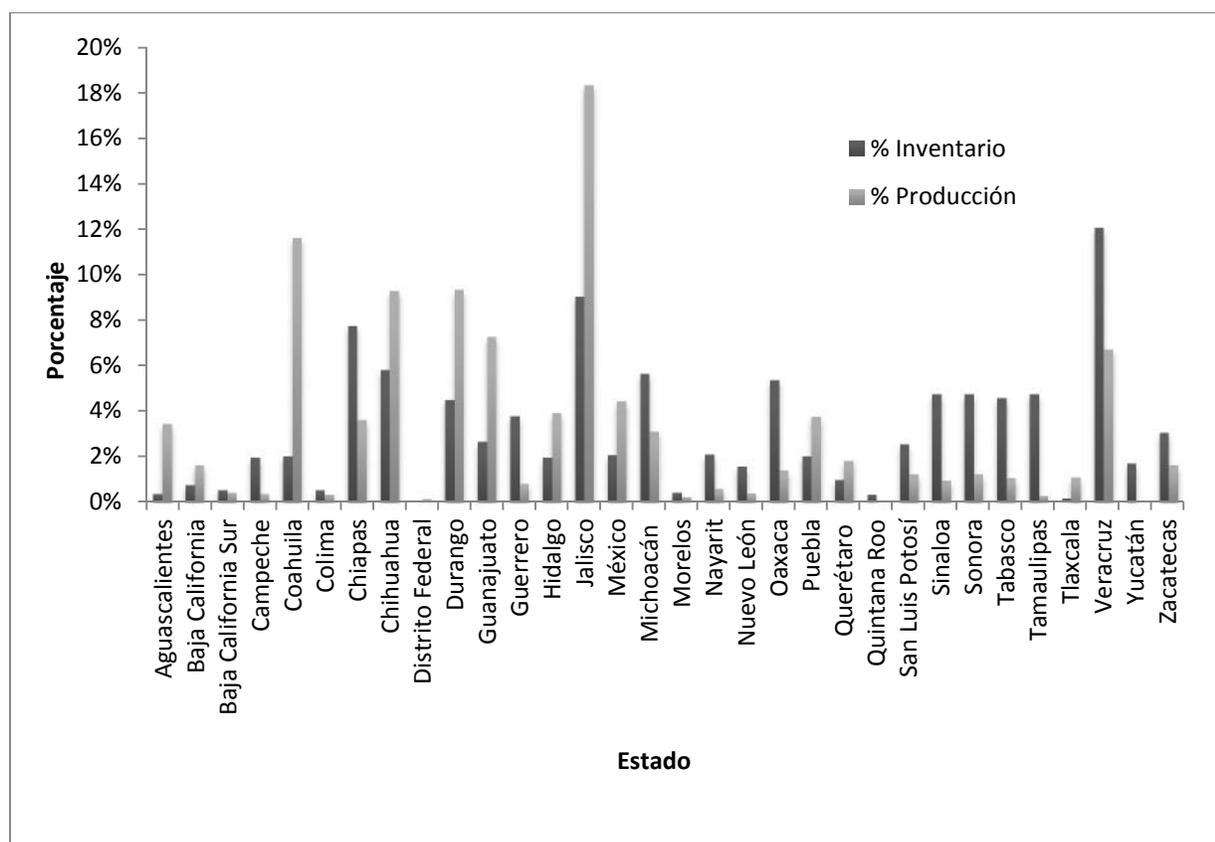


Figura 3. Inventario ganadero (Bovinos carne y leche, % de cabezas de ganado y producción por entidad federativa) (SAGARPA, 2016)

3.2 Producción estatal y regional de leche

En México la actividad lechera aglutina a 1.13 millones de unidades de producción, de las cuales aproximadamente 64 mil se encuentran en el Estado de México. Cabe mencionar que el sistema de doble propósito aporta el 19.5% de la producción total de leche en México, con 43.5% de las unidades existentes en el país (FIRA, 2010). El Estado

de México, ocupa el octavo lugar en la producción nacional de leche y el quinceavo lugar en producción de carne (SIAP, 2012). En el norte y centro de la entidad se localizan en forma predominante las explotaciones lecheras de mayor producción como Texcoco y el Valle de México, mientras que en el Sur del Estado, se encuentran en las explotaciones lecheras de ganado de doble propósito (SAGARPA, 2008).

El municipio de Zacazonapan pertenece al distrito VIII del Estado de México donde ocupa el segundo lugar en producción de carne y, el tercer lugar en producción de leche a pesar de su limitada extensión territorial, ya que solo ocupa el 0.3% del territorio estatal. Existen registradas en la asociación local ganadera un total de 91 UP, de las cuales Salas *et al.*, (2015) identificaron cuatro grupos de UP relacionados con: a) estructura, b) tamaño, c) manejo y d) orientación productiva de la UP, los cuales dieron cuenta del 83% de la variación ($P < 0.05$) y, 0.65 Kaiser-Meyer-Olkin. Las diferencias entre grupos estuvieron relacionadas con tamaño de la UP, manejo, orientación productiva (OP) y, origen de los ingresos, uno de los grupos agrupa a aquellas UP orientadas hacia la producción de leche, definiendo OP como aquella actividad que genera los ingresos más altos a la UP.

3.3 Sistema de producción doble propósito

Los sistemas de producción doble propósito se encuentran principalmente en zonas tropicales en México. Donde los forrajes constituyen la base nutricional para hatos lecheros (Elizondo y Boschini, 2003). En la región tropical los forrajes son conocidos por su valor nutritivo de medio a bajo (Minson 1990; Aumont *et al.*, 1995). Sin embargo, como esto ha sido definido por numerosos expertos como Devendra y Mc Leroy (1982) y Humphreys (1991), un manejo intensivo de los forrajes, donde las zonas o territorios son limitados y donde los recursos alimenticios ricos en energía son escasos puede incrementar notablemente la producción animal. Por otro lado, Hernández (2005), menciona que durante la época seca, los pastos tropicales se caracterizan por alto contenido de carbohidratos estructurales, bajo contenido de carbohidratos solubles y menos de 7% de proteína cruda.

A pesar de las grandes cantidades de recursos de forraje que existe en el mundo, la producción animal en el trópico presenta grandes problemas con relación a la calidad,

cantidad y productividad de forrajes, consistiendo principalmente en pastos nativos, mejorados y naturalizados con poco potencial productivo. Durante la época de estiaje hay falta de forrajes para cubrir los requerimientos de mantenimiento, crecimiento y producción de los animales (Romero *et al.*, 2004). La región tropical y subtropical de México que ocupa más de 50 millones de ha, cerca del 30% del territorio nacional, se caracteriza por contar con un elevado potencial para la actividad ganadera, sin embargo, presenta las mismas limitantes como la producción de forrajes tanto en cantidad como en calidad, además de la marcada estacionalidad de los mismos (Figura 3), por lo que las cantidades de forraje producidas resultan insuficientes para alimentar al ganado durante todo el año y obtener así, una buena producción de leche, carne y otros subproductos (SAGARPA, 2016b).

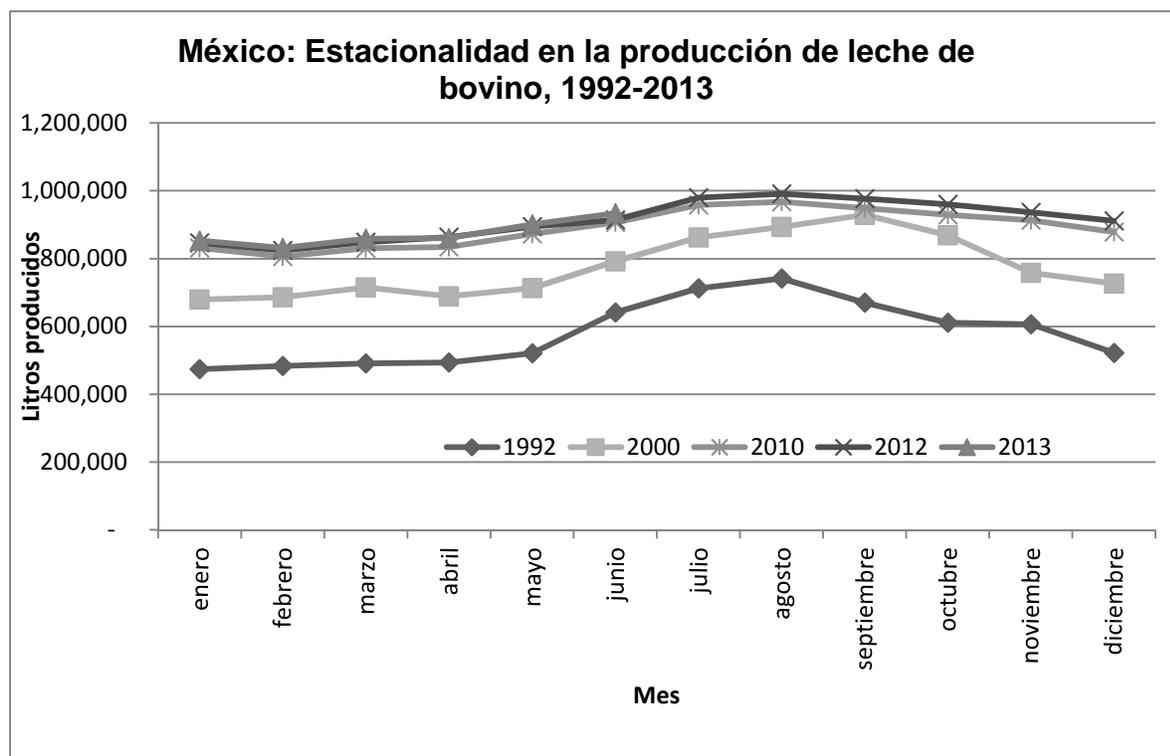


Figura 4. Estacionalidad en la producción de leche de bovino a lo largo del año en México de 1992-2013

3.4 Descripción del sistema de producción doble propósito en Zacazonapan

A partir de 2008 se inició a trabajar en específico con unidades de producción bovina en Zacazonapan, iniciando con la caracterización del sistema, el cual está dividido en 4

subsistemas como ya se ha mencionado; uno de ellos es el sistema de productores de leche que se caracteriza por producir leche la mayor parte del año.

El rubro de alimentación durante el estiaje representa el 49.2% de los egresos totales en promedio para cada UPDP, por lo que los costos de producción se elevan considerablemente debido al uso de suplementos, aunado a esto los ingresos por venta de carne en forma de becerros destetados o animales de desecho es mínima (27% de los ingresos totales) comparado con lluvias (48% de los ingresos totales), lo que refleja la importancia de la venta de leche, como principal fuente de ingresos totales con un 54% para estiaje y 42% para lluvias, siendo el flujo de efectivo que genera esta actividad lo que permite mantener a la UPDP, mientras que otras actividades alternas solo representan el 19% y 10% respectivamente (Salas 2014).

El desarrollo de la actividad agropecuaria en estas UPDP provee de por lo menos un empleo permanente y, movilizan una importante cantidad de mano de obra temporal y empleos indirectos a través de la transformación de la leche a queso lo cual contribuye a la vitalidad social del territorio. El desarrollo de la comercialización se da en un proceso de cadena corta lo cual los hace menos dependientes de los grandes mercados (Salas, 2015).

3.4.1 Sistema de alimentación.

El sistema de alimentación es determinado por la estacionalidad en la producción y disponibilidad de forrajes, teniendo dos épocas bien definidas: estiaje y lluvias. Durante la época de lluvias (julio-noviembre) la alimentación se basa exclusivamente en el pastoreo extensivo en agostaderos (que representan el 70% de la superficie agrícola útil) con una amplia diversidad de especies vegetales, que en general cubren los requerimientos nutricionales de los animales (Albarrán-Portillo, *et al.*, 2015, Salas, *et al.*, 2015).

Por otro lado, en la época de estiaje, el forraje disponible en los agostaderos es limitado en cantidad y calidad, por lo que los productores se ven en la necesidad de suplementar a sus animales en cantidades que oscilan entre 5 y 8 kg/vaca/día de alimento concentrado.

En 2009 se realizó una caracterización de los sistemas de producción doble propósito de Zacazonapan, encontrando que los productores realizaban sus alimentos concentrados basándose en alimentos balanceados comerciales y mazorca molida (grano, olote y hoja molida), del cual el contenido de proteína cruda (PC) resultante fue 140 g/kg/MS, por lo que Esparza (2011) se planteó la hipótesis de que el contenido de proteína de 14% pudiera estar limitando los rendimientos productivos en la primera mitad de la lactación, en la cual se recomiendan 160 g/kg/MS de acuerdo a Law *et al.*, (2009), ya que otros autores han encontrado que no existe beneficios en términos de rendimiento productivo al utilizar concentrados con contenidos de PC mayores a 167 g/kg/MS (Broderick, 2003).

Bajo esta hipótesis se propuso como objetivo evaluar la respuesta productiva y económica a tres suplementos con dos niveles de proteína cruda (SP: suplemento del productor 50% concentrado balanceado comercial y 50% mazorca molida; SEx: Suplemento experimental, 7% pasta de soya y 93% mazorca molida; CC: concentrado balanceado comercial 100%) encontrando que no existen diferencias significativas cuando se alimenta con 14 o 16% de proteína cruda en vacas doble propósito en producción (Cuadro 1) en cuanto a rendimiento de leche y concentración de grasa y proteína en la leche, pero si para nitrógeno ureico en leche (NUL), teniendo una mayor concentración el suplemento SP, estos niveles pueden tomarse como un estimador indirecto del estatus proteico del animal y estos valores nos indican que probablemente se esté suplementando con cantidades mayores a los requerimientos de PC.

Cuadro 1. Respuesta productiva a la suplementación con tres suplementos con dos niveles de proteína cruda en vacas doble propósito en producción

Variable	SP 14%	SEx 16%	CC 16%
Leche (kg/d)	6.8	6.9	6.7
Grasa (g/kg)	32.2	31.8	32.0
Proteína (g/kg)	31.3	30.7	31.0
NUL(mg/dL)	24.4 ^a	18.7 ^b	20.8 ^a
Peso vivo (kg)	503	491	491
Condición corporal (escala 1-5)	1.5	1.7	1.5

SP= Suplemento del productor al 14% PC, SEx = Suplemento experimental al 16% PC, CC= Concentrado comercial al 16% PC

Debido a que los niveles de NUL reportados en el estudio de Esparza (2011), Salas *et al.*, (2014) propusieron bajar el nivel de PC en el suplemento teniendo ahora 3 suplementos con diferentes niveles de PC (10, 11 y 12%) pero con la misma dieta base (Suplemento experimental usado anteriormente). Con este experimento se demostró que no existen diferencias significativas cuando se suplementa a vacas doble propósito en producción (Cuadro 2), en rendimiento de leche, pero si para rendimiento por día de grasa y proteína en la leche, además los niveles de NUL se reportan por debajo de los niveles máximos permitidos según literatura que son de 18 mg/dl.

Cuadro 2. Respuesta productiva a la suplementación con tres suplementos con 3 niveles de proteína cruda en vacas doble propósito en producción

	Nivel de proteína		
	10%	11%	12%
Leche (kg/d)	5.4	5.8	6.3
Grasa (g/d)	116.5 ^a	202.2 ^{ab}	236.5 ^b
Proteína (g/d)	165.1 ^{ab}	156.3 ^a	190.5 ^b
Lactosa (g/d)	234.4	224.2	276.6
NUL (mg/dL)	13.8	14.4	13.7
Peso corporal (kg)	394.0 ^a	443.2 ^b	400.0 ^a
Condición corporal	1.59	1.46	1.49
Peso corporal del becerro	114.6	104.3	119.0

T10, 11 y 12= Suplemento con 10, 11 y 12% de proteína cruda.

No obstante que no se encontraron diferencias en rendimiento de leche al realizar el análisis económico se encontró que hay una mayor ganancia para el suplemento de 12% de PC (Cuadro 3), lo cual indica que es el que mejor resultado que se obtuvo para los fines productivos de interés del propietario de la unidad de producción.

Cuadro 3. Respuesta económica a la suplementación con tres suplementos con 3 niveles de proteína cruda en vacas doble propósito en producción

	Niveles de proteína cruda en suplemento		
	10%	11%	12%
Vacas por suplemento	6	6	6
Suplemento (kg/vaca/día)	5.0	5.0	5.0
Periodo (días)	97	97	97
Costo por kg de suplemento	\$3.71	\$3.81	\$3.91
Costo por concepto de suplementación	\$10,796	\$11,087	\$11,378
Producción leche (kg/vaca/día)	5.4	5.8	6.4
Precio de venta de leche (\$/kg)	\$6.0	\$6.0	\$6.0
Costo de producción de leche (\$/kg)	\$3.43	\$3.28	\$3.05
Margen de ganancia neta por kg de leche	\$2.57	\$2.72	\$2.95

T10, 11 y 12= Suplemento con 10, 11 y 12% de proteína cruda.

3.5 Uso de melaza en suplementos de rumiantes

La melaza es un líquido denso y negrozco constituido por el residuo que permanece en las cubas después de la extracción de la mayor parte de los azúcares de remolacha y caña por cristalización y centrifugación. El contenido en materia seca de las melazas oscila alrededor de un 75%. Son concentrados de hidratos de carbono. Los azúcares representan del orden del 80% de su contenido en materia seca. Como consecuencia, son muy palatables y su contenido energético es apreciable en todas las especies. La melaza es fácilmente degradable en el rumen, dando lugar a una fermentación típicamente butírica. Por tanto, eleva la relación no glucogénica de la dieta, agravando los problemas de cetosis en raciones ricas en fibra para vacas al inicio de lactación (FEDNA, 2015).

Las melazas presentan altos contenidos en cenizas. Las de caña son ricas en calcio, cloro y magnesio y las de remolacha en sodio y cloro. Ambas son muy ricas en potasio (3,5-4%) especialmente las de remolacha. Por contra, el nivel de fósforo es reducido. Las melazas suelen añadirse en dosis limitadas a la dieta para incrementar su palatabilidad. Además reducen las pérdidas por polvo y mejoran el rendimiento de la granuladora. Además, pueden utilizarse como agente palatable y aglomerante en bloques de correctores a libre disposición del ganado extensivo.

Los principales factores limitantes son el efecto laxante en monogástricos, por su desequilibrio electrolítico y la presencia de carbohidratos no asimilables, y la mayor incidencia de cetosis en rumiantes. Su manejo puede facilitarse por la adición de agua. En este caso, el pienso no debe almacenarse durante períodos prolongados para evitar el crecimiento bacteriano. Cuando la humedad es la habitual este problema no ocurre por la elevada presión osmótica de estos productos.

3.6 *Metabolismo*

Es definido como la suma de todas las reacciones químicas que ocurren en el organismo viviente. El metabolismo puede dividirse en catabolismo y anabolismo. Catabolismo se refiere a las secuencias de reacciones de degradación; anabolismo se refiere a las reacciones sintéticas.

Cuadro 4. Comparación de las principales características del catabolismo y el anabolismo

Catabolismo	Anabolismo
Degradante	Sintético
De índole oxidante	De índole reductora
Generador de energía	Consumidor de energía
Variedad de materiales iniciales, pero productos finales bien definidos	Materiales iniciales bien definidos y variedad en los productos finales

(Bohinski, 1991)

Para la realización de estas reacciones se utiliza energía, los carbohidratos y los lípidos son la principal fuente de energía en los rumiantes. Al ser los carbohidratos el componente principal de los vegetales (hasta 70% de la materia seca de los forrajes y en el caso de semillas hasta un 85%), se convierten en la fuente principal de energía, mientras que el contenido de lípidos en la mayoría de las dietas es comúnmente menor al 5% (Lloyd *et al.*, 1982).

3.6.1 *Metabolismo energético*

3.6.1.1 *Energía*

La energía se define como la capacidad de realizar trabajo, definición en la que el trabajo es el producto de una fuerza dada que actúa a lo largo de una distancia determinada. Para el campo de la nutrición la energía se mide de forma característica en términos del

calor que se produce en la oxidación y se expresa como calorías. La energía se deriva de la mayoría de los compuestos orgánicos ingeridos por el animal. El animal obtiene energía mediante la oxidación parcial o completa de las moléculas ingeridas y absorbidas a partir de la dieta, o del metabolismo de la energía almacenada en forma de grasas, proteínas y carbohidratos (Church *et al.*, 2002).

Energía Bruta. Cantidad de resolución de calor proveniente de la oxidación completa del alimento, el forraje, el tejido corporal, la leche u otras sustancias. Equivale al calor de combustión. Dicha energía se mide en una bomba calorimétrica adiabática, como el incremento de temperatura de una cantidad conocida de agua en la oxidación completa de una muestra del material. La energía bruta varía en diferentes sustancias, algunos valores típicos son (en Kcal/g): carbohidratos 4.1 proteínas 5.7 y grasa 9.4. Las diferencias entre estos nutrientes se dan por el estado de oxidación del compuesto inicial (Church *et al.*, 2002).

Energía digestible. Es la ingesta de la energía alimentaria menos la energía que se pierde en el excremento. Esta no es una verdadera medida de la digestibilidad de una dieta o nutriente, pues el tubo gastrointestinal de un animal es un sitio de excreción de varios productos que terminan en el excremento (Church *et al.*, 2002). Además sobreestima el valor de las dietas ricas en fibras en relación con las dietas pobres en fibras (Church, 1993).

Energía metabolizable. Se define como la energía ingerida, menos la energía que se pierde en el excremento, la orina y los gases combustibles. Los valores obtenidos explican las pérdidas adicionales que ocurren como resultado de la digestión y el metabolismo de los alimentos ingeridos. Los productos gaseosos de la digestión incluyen gases combustibles que se producen en el conducto digestivo durante la fermentación del alimento por los microorganismos. El metano constituye la proporción principal de gas combustible que se produce de forma normal. Además se produce hidrogeno, monóxido de carbono, acetona, etano y sulfuro de hidrogeno, la producción de estos depende de factores relacionados con la dieta. Las dietas de baja calidad resultan en mayores proporciones de metano (Church *et al.*, 2002).

Energía neta. Es la parte de la energía del alimento que es digerida y utilizada por el animal para el mantenimiento corporal y las producciones, después de tener en cuenta las pérdidas en las heces, orina, gases y calor (AFRC, 1993).

3.6.1.2 *Metabolismo de carbohidratos*

La función principal de los carbohidratos en la alimentación animal es servir como fuente de energía para los procesos normales (Church *et al.*, 2002). Las vías de reacción más importantes en el metabolismo de los carbohidratos son la glucólisis (Degradación de carbohidratos) y la gluconeogénesis (Formación de carbohidratos) (Bohinski, 1991).

El proceso de la glucólisis es una ruta de diez pasos que convierte una molécula de glucosa en dos moléculas de piruvato (2 carbonos), con la generación de dos moléculas de ATP (Figura 1). Este proceso se lleva a cabo en el citosol de células eucariotas. La degradación de polisacáridos de almacenamiento y el metabolismo de los oligosacáridos da lugar a glucosa, hexosas relacionadas y azúcares fosfato, todos ellos se dirigen hacia la ruta glucolítica. Aunque la célula puede metabolizar diversas hexosas en la glucólisis, la glucosa es el principal combustible hidrato de carbono para la mayor parte de las células. Este proceso se puede dar tanto en condiciones aeróbicas como en anaeróbicas.

3.6.1.3 *Metabolismo de carbohidratos en rumiantes*

La mayoría de los carbohidratos consumidos por los rumiantes son polímeros de glucosa (dichos compuestos se clasifican en fibrosos como la celulosa, hemicelulosa y xilanos y los aprovechables con facilidad como almidones y azúcares) (Church *et al.*, 2002), por consiguiente para que estos compuestos sean utilizados por el animal deben ser fermentados e hidrolizados por los microorganismos del rumen, y generar ATP que es la principal fuente de energía para el crecimiento y mantenimiento de las bacterias. El metabolismo de los carbohidratos por los microorganismos del rumen determina la producción de ácidos grasos volátiles (AGV's) que, a su vez, proporcionan el 70-80% de las necesidades calóricas totales del animal. Como ya se mencionó el piruvato es el compuesto intermedio a través del cual deben pasar todos los carbohidratos antes de ser transformados en AGV's, CO₂ y CH₄. La producción de cada producto final depende del tipo de carbohidrato fermentado, de las especies bacterianas que intervienen y del

ambiente del rumen durante la fermentación (Church, 1993), por ejemplo el acetato y butirato que son precursores lipogénicos y el propionato que es un precursor glucogénico, la tasa de producción de propionato y otros AGV está directamente relacionada con el consumo del sustrato fermentable donde la síntesis de propionato es especialmente favorecida por la fermentación de los almidones por las bacterias amilolíticas (Van Soest, 1994 mencionado por Duque *et al.*, 2011).

De la dieta, algunos almidones son capaces de sobrepasar la digestión microbiana, siendo absorbidos en el duodeno. De ésta forma, constituyen otra fuente de glucosa para el rumiante, sin embargo no es suficiente para suplir las necesidades energéticas. Por esto el hígado hace gluconeogénesis a partir de propionato y de glicerol (Angulo *et al.*, 2005; mencionado por Duque *et al.*, 2011).

Como consecuencia de la eficaz degradación de los carbohidratos en el rumen, puede suceder que en el intestino delgado sea absorbida una cantidad insuficiente de glucosa para cubrir los requerimientos del animal. Por consiguiente el proceso de la gluconeogénesis resulta de suma importancia para las especies rumiantes, y el suministro de precursores de glucosa y la velocidad con la que ciertos órganos sintetizan glucosa pueden ser factores limitativos para la productividad total del animal (Church, 1993).

3.6.2 *Metabolismo proteico*

Las proteínas se originan a partir de la unión de aminoácidos, estos se agrupan en largas cadenas y se mantienen estables por enlaces peptídicos. Los aminoácidos se clasifican según su obtención: A los aminoácidos que deben ser captados como parte de los alimentos se los llama esenciales:

- Valina (Val, V)
- Leucina (Leu, L)
- Treonina (Thr, T)
- Lisina (Lys, K)
- Triptófano (Trp, W)
- Histidina (His, H) *
- Fenilalanina (Phe, F)
- Isoleucina (Ile, I)

- Arginina (Arg, R)
- Metionina (Met, M)

A los aminoácidos que pueden sintetizarse en el propio organismo se los conoce como *no esenciales* y son:

- Alanina (Ala, A)
- Prolina (Pro, P)
- Glicina (Gly, G)
- Serina (Ser, S)
- Cisteína (Cys, C)
- Asparagina (Asn, N)
- Glutamina (Gln, Q)
- Tirosina (Tyr, Y)
- Ácido aspártico (Asp, D)
- Ácido glutámico (Glu, E)

Los rumiantes gozan de la capacidad única de subsistir y producir sin disponer de una fuente de proteína dietética debido a la síntesis de proteína microbiana en el interior del rumen. Las fuentes de (nitrógeno) que emplean los microorganismos del rumen para la síntesis de proteína consisten tanto en proteína de la dieta como en nitrógeno no proteico (NNP) así como también N reciclado hacia el rumen para su reutilización (Figura 7) (Church, 1993). El concepto de proteína verdadera y NNP surgen a partir de la evaluación de la composición de proteínas de un alimento, donde lo que realmente se mide es el nitrógeno (componente de los aminoácidos). La Proteína bruta (cruda) es un término que mide el nitrógeno total de un alimento. El contenido promedio de nitrógeno en las proteínas es de 16%, por lo tanto para convertir nitrógeno total a su equivalente en proteína bruta se multiplica el porcentaje de nitrógeno en el alimento por el factor 6.25 ($16 \div 100 = 6.25$). Pero no todo el nitrógeno es de origen proteico. Pueden estar unido a otros compuestos químicos como grasas y azúcares o a elementos como el azufre, hierro y fósforo. Y también a nitratos (forrajes), aminoácidos libres y péptidos (alimentos) y urea, esto constituye el NNP.

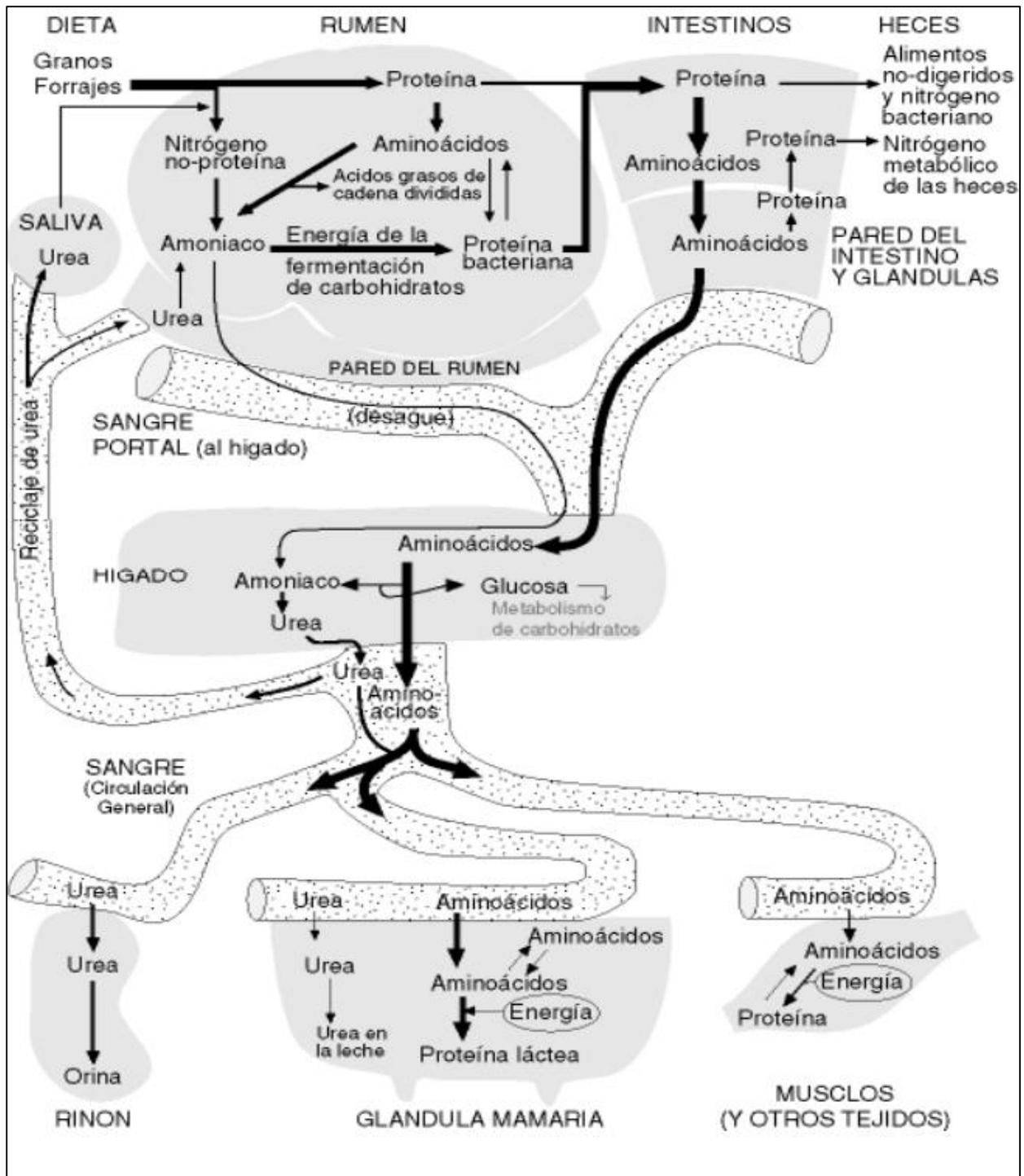


Figura 5. Esquema del metabolismo de la proteína en la vaca lactante

I. Hipótesis

- No existen diferencias en la respuesta productiva y económica a la adición de dos fuentes de energía (melaza o maíz molido), a suplementos consumidos por vacas en lactación en la época de estiaje.
- No existen diferencias en la composición botánica de la dieta de vacas doble propósito en pastoreo extensivo en la época de estiaje y lluvias.

II. Objetivos

Objetivos generales:

- Determinar la respuesta productiva y económica a la suplementación con dos fuentes energéticas en dietas de vacas doble propósito en lactancia durante la época de estiaje en Zacazonapan estado de México.
- Determinar la composición botánica de la dieta de vacas doble propósito en lactancia a lo largo del año mediante el análisis microhistológico de heces, diferenciando dos épocas (estiaje y lluvias) en Zacazonapan, Estado de México.

Objetivos específicos

- Determinar la respuesta productiva (producción de leche, composición química de la leche, NUL, peso vivo y condición corporal) a la suplementación con dos fuentes energéticas (melaza y maíz molido) en dietas de vacas doble propósito en lactancia durante la época de estiaje en Zacazonapan estado de México.
- Determinar la respuesta económica a la suplementación con dos fuentes energéticas (melaza y maíz molido) en dietas de vacas doble propósito en lactancia durante la época de estiaje en Zacazonapan estado de México.
- Determinar la acumulación neta de forraje del estrato herbáceo de un agostadero bajo pastoreo extensivo así como su composición morfológica y botánica, en Zacazonapan Estado de México.

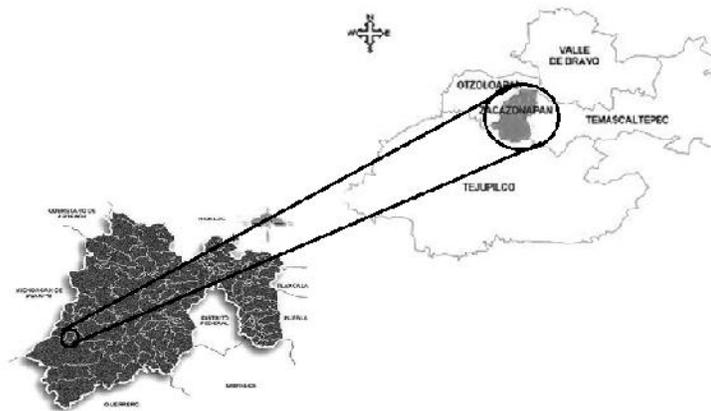
- Determinar la composición química del estrato herbáceo de un agostadero bajo pastoreo extensivo así como su composición morfológica y botánica, en Zacazonapan Estado de México.
- Determinar la composición morfológica del estrato herbáceo de un agostadero bajo pastoreo extensivo así como su composición morfológica y botánica, en Zacazonapan Estado de México.
- Determinar la composición botánica del estrato herbáceo de un agostadero bajo pastoreo extensivo así como su composición morfológica y botánica, en Zacazonapan Estado de México.
- Determinar la composición botánica de la dieta de vacas doble propósito en lactación, bajo pastoreo extensivo a lo largo del año mediante el análisis microhistológico de heces, diferenciando 4 estaciones (invierno, primavera, verano y otoño) en Zacazonapan, Estado de México.
- Estimar el valor nutricional de la dieta de vacas doble propósito en lactación, bajo pastoreo extensivo a lo largo del año mediante el análisis microhistológico de heces, diferenciando 4 estaciones (invierno, primavera, verano y otoño) en Zacazonapan, Estado de México.

IV. Metodología

6.1 Zona de estudio

Localización de la zona de estudio

El estudio se realizó en el municipio de Zacazonapan, localizado al suroeste del Estado de México, a 19°00' latitud norte y 100°12' latitud oeste, a una altura de 1,470 msnm. El clima predominante es cálido subhúmedo con humedad moderada, la temperatura media anual es de 23°C, con una temperatura máxima anual de 31°C y mínima de 15°C y una precipitación de alrededor de 1,115 mm anuales.



6.2 Selección de la unidad de producción

Se seleccionó una unidad de producción (UP) por intención debido a las características de producción y manejo que realiza, para disminuir posibles riesgos de pérdida y confiabilidad de los datos a obtenidos.

6.3 Comparación de la respuesta productiva y económica a diferentes niveles de suplementación.

Desde 2010 el equipo de investigación en sistemas de producción bovina de doble propósito del Centro Universitario UAEM Temascaltepec ha trabajado con diferentes propuestas de suplementación utilizando como insumo principal forraje producido en la región, de lo anterior se recopiló información de 4 experimentos en 2010, 2012, 2014 y

2015 (Esparza, 2011; Salvador *et al.*, 2016; Salas *et al.*, 2014). Los cuales fueron realizados en una UP de DP del municipio de Zacazonapan, en el suroeste del Estado de México, durante la época de estiaje (febrero - junio) de cada año reportado.

Se utilizaron vacas Pardo Suizo (entre 12 – 18 vacas). La base de la alimentación de las vacas fue pastoreo extensivo, y durante la época de estiaje recibieron ~5 kg de suplemento por vaca por día. En el Cuadro 1 se puede observar los ingredientes de los suplementos tradicionales y alternos en cada año. Los suplementos alternos (SA) se basaron en maíz-mazorca (~70%) producida en la UP experimental, al cual se le asignó un costo de oportunidad en base al precio pagado en la región para cada año de estudio. Además de esto, se utilizaron cantidades estratégicas de pasta de soya, urea y melaza (Cuadro 1).

En cada año, se evaluó la respuesta productiva y económica a la suplementación tradicional basada en mezcla de maíz-mazorca y concentrado comercial (50:50), contra suplementos alternos, de los cuales su composición varió para cada año. Además, se hace una comparación hipotética de la respuesta productiva y económica cuando el suplemento se hubiera basado en 100% de concentrado comercial, como punto de referencia. Los costos de los suplementos se estiman en base al precio real de los insumos para cada año de evaluación.

Para la evaluación económica se utilizó la metodología de presupuestos por actividad. Las variables de respuesta fueron: costo del suplemento (\$/kg), costo de producción por kg de leche (\$/kg), margen de ganancia por kg de leche producido (\$/kg). Adicionalmente, se determinó la estructura del costo de producción de un kg de leche, es decir, porcentaje del costo de producción debido a: alimentación, mano de obra familiar, mano de obra contratada y combustible.

Cuadro 6. Ingredientes de los suplementos utilizados en 2010, 2012, 2014 y 2015.

Ingrediente	2010	2012	2014	2015	Mm/CC
	SA	SA	SA	SA	
Maíz-mazorca (g/kg)	484	911	841	775	500
Soya (g/kg)	32	89	111	100	
Melaza (g/kg)			48	67	
Maíz molido (g/kg)				58	
Urea (g/kg)		14	23	23	
Concentrado Comercial (g/kg)	484				500

Mm/CC: Maíz-mazorca y concentrado comercial; SA: Suplemento alterno; Fuente: Elaboración propia con información de Esparza (2011), Salvador *et al.*, (2016), Salas *et al.*, (2014)

6.4 Suplementación energética

6.4.1 Tratamientos

Los tratamientos consistieron en la adición de aproximadamente 20% de la dieta de una fuente de energía rápidamente fermentable (melaza o maíz grano molido) a una dieta similar a la utilizada por el productor que representó el suplemento control, procurando que las dietas fueran iso-proteicas e iso-energéticas, en la cual utilizó maíz mazorca (incluye grano, hoja y olote molidos) como ingrediente principal, producido en la UP a bajo costo, más pasta de soya comerciable en la región.

Los animales fueron alimentados en una sola ocasión, durante la ordeña que se realizó a las 7 de la mañana, ya que fue el único momento donde los productores tuvieron contacto directo con las vacas en producción, dando una cantidad de 5 kg en base seca de concentrado por vaca por día, este alimento se ofreció en bolsas adaptadas individualmente para asegurar que los animales consumieran únicamente el alimento que les correspondía, así como controlar los rechazos de alimento.

Se tuvieron 3 tratamientos que fueron suplemento control (CS) que es la dieta base del productor, suplemento melaza (MOS) suplemento control adicionado con melaza y suplemento maíz molido (GMS) que es el suplemento control adicionado con maíz grano molido, las cantidades de los ingredientes de cada tratamiento se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 5. Ingredientes utilizados en cada uno de los suplementos.

Ingrediente	% MS	% PC	Energía MJ/kg MS	TxMe kg MS/ton	TxMo Kg MS/ton	TxControl kgMS/ton
Melaza	75	5.3	13.1	177	-	-
Maíz grano molido	86	10.2	13.1	-	200	-
Pasta de soya	90.5	44	13.3	107	81	111
Mazorca molida	87	8.2	12	717	719	889
Aporte de PC g/kg MS por suplemento				12.48	12.46	12.61
Aporte de EM MJ/kg MS				12.3	12.3	12.1

TxMe= Suplemento adicionado con melaza; TxMo= Suplemento adicionado con maíz grano molido; TxControl= Suplemento control.

6.4.2 Unidad experimental

Se utilizó un grupo de 18 vacas de raza pardo suizo, en diferentes etapas de lactación, con un peso promedio de 414 ± 13 kg de peso vivo, condición corporal de 1.6 ± 0.2 (en una escala de 0 a 5 puntos) y un promedio de 3.2 ± 1.8 partos, asignadas aleatoriamente a cada uno de los tratamientos y el control, teniendo 6 vacas por tratamiento.

6.4.3 Periodos experimentales

El estudio se llevó a cabo durante la época de estiaje (12 de Febrero-Mayo 2015) caracterizada por la suplementación con concentrados a las vacas en lactación, con una baja disponibilidad y calidad del forraje. Los periodos experimentales fueron de 7 días, iniciando en el mes de febrero de 2015 que es el inicio de la época crítica por la escasez de forraje, y prolongándose hasta el mes de mayo o bien al inicio de la época de lluvias.

6.4.4 Variables de respuesta animal

- Producción de leche. La producción de leche se determinó al día 7 de cada periodo experimental, en una báscula portátil se midió y registró el peso individual de la producción de leche al final de la ordeña de cada vaca.

-Composición química de la leche. Se tomó una muestra directamente del recipiente al término de la ordeña, procurando tener una muestra homogénea de leche, en tubos para centrifuga de 50 ml, la muestra fue debidamente identificada y almacenada. La composición química de la leche se analizó *in situ*, dentro de las 3

primeras horas después de obtener la muestra mediante un equipo portátil Lactoscan Milk Analyzer®, tomando solo 10 ml de leche el resto se transportó a laboratorio en un recipiente térmico en frío para posteriores análisis.

-Nitrógeno ureico en leche (NUL). Una vez que las muestras de leche llegaron al laboratorio se centrifugaron durante media hora a 6000 rpm, terminado el proceso se separaron los sólidos de la parte líquida, y se congeló solo el líquido a -20°C para su conservación hasta la realización del análisis de NUL.

Preparación de muestras para análisis de NUL: Las muestras se descongelaron a temperatura ambiente, una vez descongeladas se centrifugaron a 1000 rpm durante 5 minutos y se removieron las partículas sólidas que se presentaron, y se analizaron mediante el método propuesto por Berthelot (1859).

6.4.5 Variables de respuesta económica

Se determinó la respuesta económica usando la metodología de presupuestos parciales.(Espinoza *et al.*, 2007) Se estimó el margen neto de ganancia de un kg de leche, un kg de carne (mediante la ganancia de peso de los becerros durante el periodo del experimento, y se le otorgó el precio corriente de la región).

6.5 Análisis Microhistológico de heces

6.5.1 Periodos de estudio

El análisis microhistológico constó de cuatro etapas de evaluación; las estaciones de invierno y primavera de los meses de diciembre de 2014 a junio de 2015, que corresponden a la época de estiaje caracterizada por la suplementación con concentrados a los animales debido a la baja disponibilidad y calidad de forrajes herbáceos; y las estaciones verano y otoño que comprenden la época de lluvias (julio-noviembre de 2015), en la cual la base de la alimentación del ganado es el recurso forrajero herbáceo disponible en las praderas, que cubren los requerimientos nutricionales del ganado.

6.5.2 Selección de animales

Del hato total se muestrearon las vacas que se encontraban en producción en la UP, sin importar las características de producción (edad, número de partos, días de lactación, etcétera).

6.5.3 Colección de muestras de heces

Las muestras de heces se colectaron mediante muestreo directo vía rectal, para cada una de las vacas, las cuales se colocaron en bolsas de plástico debidamente identificadas, para su posterior preparación para los análisis correspondientes.

Estas muestras fueron secadas en estufa de aire forzado durante 48 horas o hasta peso constante a una temperatura de 60°C. Después se molieron en un molino Wiley con criba No. 20 de 1mm y se almacenaron para posteriores análisis.

6.5.4 Preparación de laminillas patrón

Para la preparación de patrones se realizaron cada 28 días seguimientos durante el pastoreo a las vacas, esto con el fin de determinar la preferencia de especies vegetativas por observación, tomando muestra de partes vegetativas por separado de las especies consumidas.

De los órganos (hoja, tallo, flor o fruto) de las especies consumidas por el animal se elaboraron dos laminillas permanentes, una para realizar la descripción de las características de la epidermis y la otra para integrarla a un archivo.

El proceso para la elaboración de laminillas de hojas y tallos se realizó por raspado de epidermis (González-Embarcadero, 2010):

Las partes vegetativas se trabajaron en fresco, colocando una hoja fresca sobre un portaobjetos y con la ayuda de una navaja de bisturí se inició el raspado por la parte media del envés hacia el haz, hasta eliminar la epidermis del envés y parénquima clorofílico, de tal forma que la epidermis del haz quedará de aspecto traslucido. Mientras que para el tallo, el segmento de este órgano se obtuvo por corte paralelo a su superficie externa, se colocó con la epidermis hacia la superficie del portaobjetos y se raspó el parénquima clorofílico hasta dejar la epidermis traslucida.

Durante el raspado se fue lavando la epidermis con agua destilada para eliminar los tejidos separados. Los fragmentos de epidermis separados se montaron en jalea de glicerol, se etiquetó y almacenó para su posterior lectura.

6.5.5 Preparación de laminillas temporales

De cada muestra de las vacas en estudio se prepararon 2 laminillas temporales, de las cuales se leyeron 20 microparcels.

Para la preparación de estas se homogeneizó la muestra debidamente procesada. Cada muestra fue sujeta a dos ebulliciones, la primera en agua durante dos a tres horas, y la segunda en hipoclorito de sodio durante 30 a 120 minutos. En cada ebullición se colocó la muestra en un vaso de precipitado de 250ml, se les agregó el agua o hipoclorito de sodio en cantidad suficiente para que la muestra no se seque durante el hervor. Entre ebulliciones las muestras se vertieron en un tamiz del número 120 y se lavaron a chorro de agua corriente durante un minuto, volviendo la muestra al vaso de precipitado para continuar con el proceso de ebullición, repitiendo este proceso hasta que la epidermis quedará transparente y sin pigmentos clorofílicos.

Una vez obtenida la muestra transparente y sin pigmentos, se procedió a realizar el montaje de las laminillas, que fueron debidamente etiquetadas y almacenadas para su posterior lectura.

6.5.6 Cuantificación de especies identificadas en las laminillas

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 microparcelsa y representó una unidad de muestreo, cada laminilla se consideró una población de partículas. En cada laminilla se distribuyeron de forma uniforme 20 microparcelsas en forma sistemática, para que se pudieran distribuir 20 microparcelsas por laminilla.

Con la finalidad de evitar la repetición de lecturas en campos ya examinados, se marcaron y numeraron con anticipación las 20 microparcelsas 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.

6.5.7 Estimación de valor nutritivo de las especies vegetales

Se tomaron dos muestras (una en época de lluvia y otra en época de estiaje) de las especies vegetales consumidas por las vacas para determinar la composición química de estas. Las muestras se molieron en molino Willey con criba de 1 mm. Las muestras se analizaron para materia seca (MS) por secado a 60°C por 48 h en estufa de aire forzado. El contenido de ceniza se determinó por incineración en una mufla a 550°C por 12 h. La materia orgánica (MO) se determinó por diferencia entre el contenido de MS con las cenizas AOAC (1990).

La PC se determinó por el método de Kjelaht (AOAC, 1990). La fibra ácido detergente (FAD), fibra neutro detergente (FDN) y lignina ácido detergente (LAD) se determinaron por el método de Van Soest (Van Soest *et al.*, 1991).

6.5.8 Estimación del valor nutritivo de la dieta

El valor nutritivo de la dieta se estimó con la relación entre el valor de la composición química de la dieta y la proporción de cada especie vegetal en la dieta de las vacas estimada a partir de microhistología de heces, para el caso de MS, MO (AOAC, 1990), PC (por el método micro Kjelaht; AOAC, 1990), FDN, FAD y LAD (Por el método de Ankom; Van Soest *et al.*, 1991).

Para el caso de la estimación de la digestibilidad *in vitro* de la MS una muestra de la CBD (pool de acuerdo a la proporción de cada especie vegetal en la dieta) se sometió a

digestión por la técnica de producción de gas, se determinaron utilizando la técnica de producción de gas in vitro. Las fracciones de degradación a, by L del forraje se estimaron de acuerdo con la siguiente ecuación (Mauricio *et al.*, 1999).

$$y = A \{1 - \exp[-b(t-T) - c(t-T)]\}$$

donde: y = producción acumulada de gas (mL), t = es el tiempo de incubación en horas, A = es la asíntota del total de producción de gas (mL / g DM), b = es la constante de gas producido por hora, c = es una constante, y T = es un tiempo de latencia discreto en horas en que los microorganismos colonizan el sustrato y protagonizan la fermentación.

La tasa de fracciones de degradación (μ) se calculó usando la siguiente ecuación (Mauricio *et al.*, 1999):

$$\mu = b + \frac{c}{2(t-T)}, t > T$$

La ME de suplementos y pasturas se estimó utilizando los valores de OMd de la producción de gas in vitro, usando la siguiente ecuación (AFRC, 1993):

$$ME \text{ (MJ / kg DM)} = (\text{OMd}) (0.0157)$$

donde: ME = energía metabolizable (MJ / kg MS); Digestibilidad OMd de la materia orgánica (g / kg MS).

6.5.7 Determinación de acumulación neta de forraje.

En la pradera se identificaron 3 áreas (zona alta, zona media y zona baja), en cada zona se colocaron 2 jaulas de exclusión de acuerdo al método propuesto por Hodgson (1994), con el objeto de medir ANF, teniendo 6 en total. Las jaulas tuvieron dimensiones de 0.25m²). Cada 21 días se realizó un corte dentro y fuera de la jaula, para lo cual se utilizó un cuadrante de 0.50 x 0.50 m para cortar el forraje a ras de suelo que se encontraba dentro del cuadrante.

En el día cero de medición, la jaula se colocó al azar en la pradera, posteriormente se realizaron cinco mediciones de altura con una regla (50 cm) a un costado de la jaula, cuidando que las características del área a medir fueran similares a las del área excluida

con la jaula, posteriormente, se colocó el cuadrante de metal y se procedió a cortar todo el forraje que estaba dentro a ras de suelo.

En el día 21, se retiró la jaula y se realizaron 5 mediciones de altura dentro del área de exclusión y se cortó todo el forraje a ras de suelo, utilizando el mismo cuadrante. El material cortado se colocó en bolsas de plástico y se identificó correctamente para su envío a laboratorio, donde se pesó y colocó en bolsas de papel para su secado en una estufa de aire forzado a 60 °C durante 48 h, transcurrido este tiempo se sacó la muestra y se registró el peso final para determinar la materia seca (MS), y posteriormente fueron molidas en molino Wiley con criba de 1mm, y almacenadas en frascos debidamente identificados. La ANF se calculó partir de la siguiente fórmula:

$ANF (g/0.25 m^2) = \text{Peso promedio de la MS disponible al día 0} - \text{Peso promedio de la MS disponible al día 21}.$

6.6. Determinación de composición botánica

Para la determinación de la composición botánica de la pradera en el estrato herbáceo, del forraje de las 6 jaulas que se obtuvieron para ANF se separaron las especies vegetales encontradas (López-González *et al.*, 2010). Las especies se pesaron por separado para determinar el contenido de MS por medio del secado en una estufa de aire forzado a 60 °C durante 48 h, para posteriormente ser molidas en molino Wiley con criba de 1mm, y almacenadas en frascos debidamente identificados. Del 100% del contenido de MS de la muestra, se estimó el porcentaje que representó cada especie.

6.6 Determinación de masa herbácea

Para determinar la cantidad de masa herbácea encontrada en el agostadero durante cada uno de los periodos experimentales, se tomaron 5 mediciones de altura de forraje con una regla de 50 cm en 6 cuadrantes (0.25m²) en el área pastoreada por los animales y después se cortó a ras de suelo el forraje, posteriormente el material vegetal se colocó en bolsas debidamente identificadas para su envío a laboratorio para posteriores análisis. Ya en laboratorio se obtuvo el peso inicial y se sometió a secado a 60°C en una estufa de aire forzado durante 48 horas, para posteriormente ser molidas en molino Wiley con

criba de 1mm, y almacenadas en frascos debidamente identificados, este proceso se realizó cada 14 días.

La masa herbácea se determinó mediante la siguiente fórmula:

Masa herbácea (g MS/0.25m²)= Peso promedio inicial- Peso promedio final

6.7 Determinación de composición morfológica

Se tomó el forraje de cada uno de los cuadrantes obtenidos para determinar masa herbácea para obtener la composición morfológica.

Relación vivo-muerto y Hoja-tallo

De cada uno de los cuadrantes se separó el material vivo del material muerto, así como hojas vivas de hojas secas y tallos vivos de tallos muertos y se pesaron cada uno por separado y se secaron a 60°C en una estufa de aire forzado durante 48 horas, para posteriormente ser molidas en molino Wiley con criba de 1mm, y almacenadas en frascos debidamente identificados, teniendo relación tallo-hoja de material vivo y muerto. Este procedimiento se realizó cada 14 días (López-González *et al.*, 2010).

6.8 Análisis estadístico

Los datos fueron analizados usando el procedimiento MIXED de SAS 9.0 mediante un diseño experimental completamente al azar, con vaca como un efecto aleatorio para dar cuenta de las mediciones repetidas en el mismo animal durante todo el experimento.

El modelo utilizado fue:

$$y_{ijk} = \mu + i + ij + tk + (* t) ik + ijk$$

Donde: y_{ijk} = variable dependiente,

μ = media general,

i = efecto fijo del suplemento ($i = 1, 2$ y 3),

tk = efecto fijo de semana ($k = 1, 2 \dots 11$), ($* t$)

ik = efecto fijo de la interacción entre el suplemento i y semana k

ij = efecto aleatorio de la vaca j dentro de cada suplemento

ijk = término de error aleatorio.

Se obtuvieron medias de mínimos cuadrados y errores estándar para efectos fijos y se usaron para comparaciones de medias múltiples. Se declararon diferencias significativas entre los suplementos cuando $p < 0.05$.

Las variables de respuesta ANF, composición morfológica y composición botánica se analizarán por separado para cada año usando un diseño estadístico completamente al azar, mediante el modelo general lineal (GLM, por sus siglas en inglés), utilizando el paquete estadístico SAS (1999).

Modelo estadístico:

$$Y_i = \mu + PE_i + e_i$$

Donde:

μ = media general

PE_i = Efecto del periodo experimental ($i=1,2,\dots,n$)

e_i = Efecto del termino del error

7. Resultados.

7.1 Capitulo de libro publicado. Evaluación económica de la utilización de suplementos en la alimentación de vacas de doble propósito en el suroeste del estado de México





Estudios sociales
y económicos
de la producción pecuaria

Beatriz Aurelia Cavallotti Vázquez
José Alfredo Cesín Vargas
Benito Ramírez Valverde

Coordinadores

**Estudios sociales
y económicos
de la producción pecuaria**

Estudios económicos y sociales de la producción pecuaria

© Universidad Autónoma Chapingo
Carretera México-Texcoco, km 38.5,
Chapingo, Estado de México.

Primera edición, junio de 2017

ISBN: 978-607-12-0477-6
Departamento de Zootecnia
Tel: 01 (595)952-1532
Fax: 01 (595) 952-1607

Se autoriza el uso de la información contenida en este libro para fines de enseñanza, investigación y difusión del conocimiento, siempre y cuando se haga referencia a la publicación y se den los créditos correspondientes a cada autor consultado.

El contenido de cada capítulo es responsabilidad exclusiva de su(s) autor(es).

Para mayor información con respecto a esta publicación comunicarse al e-mail
cisocpec@yahoo.com.mx

Impreso en México

Los sistemas ganaderos de bovinos doble propósito en el subtrópico de Michoacán, México	107
Luis Alejandro Rojas Sandoval, Ernestina Gutiérrez Vázquez, Jaime Mondragón Anselmo, Anastacio García Martínez	
Tendencias y perspectivas de la ganadería doble propósito en el Altiplano Central de México. Un enfoque sostenible de producción	119
Isael Estrada López, Jovel Vences Pérez, Isela Guadalupe Salas Reyes, Carlos Manuel Arriaga Jordán, Benito Albarrán-Portillo, Gilberto Yong Ángel, Anastacio García Martínez ^{1*}	
Importancia del cultivo de maíz en ganadería doble propósito en Tlatlaya, Estado de México. Eficiencia energética y sustentabilidad	134
Jovel Vences Pérez, Ernesto Morales Almaraz, Carlos Galdino Martínez García, Benito Albarrán-Portillo, Anastacio García Martínez	
Evaluación económica de la utilización de suplementos en la alimentación de vacas de doble propósito en el suroeste del Estado de México	149
Isela Guadalupe Salas Reyes, Carlos Manuel Arriaga Jordán, Julieta Gertrudis Estrada Flores, Anastacio García Martínez, Benito Albarrán-Portillo	
Función de Producción de leche en la ganadería de doble propósito del estado de Sinaloa, México	161
Venancio Cuevas Reyes, Valeria López Díaz, Alfredo Loaiza Meza, Tomas Moreno Gallegos, Juan Esteban Reyes Jiménez, Enrique Astengo López, Herlyn Astengo Cazares, Daniel González González, Gustavo A. Cuevas Reyes	
DIVERSIFICACIÓN DE INGRESOS Y PRODUCTOS GANADEROS ARTESANALES	173
Identificación de nichos de mercado para productos artesanales como motor de desarrollo agroindustrial y pecuario: caso queso poro de Tabasco	174
Celia Peralta Aparicio, Anastacio Espejel García, Ma. Carmen Ybarra Moncada, Arturo Hernández Montes, Ariadna Barrera Rodríguez, Mateo Ortiz Hernández	
Impacto del SIAL productor de lácteos de Poxtla, Estado de México en el desarrollo local, analizando al primer eslabón de la cadena productiva	185
Osvaldo Andrés Pacheco González, Enrique Espinosa Ayala, Alfredo Cesín Vargas, Tirzo Castañeda Martínez	
Factores estratégicos en la conformación del Sistema de innovación del queso añejo de Zacazonapan	196
Anastacio Espejel García, Edith Mora Rivera, Ma. Carmen Ybarra Moncada, Ariadna Barrera Rodríguez	

(3) Evaluación económica de la utilización de suplementos en la alimentación de vacas de doble propósito en el suroeste del Estado de México.

Isela Guadalupe Salas Reyes¹, Carlos Manuel Arriaga Jordán², Julieta Gertrudis Estrada Flores², Anastacio García Martínez¹, Benito Albarrán-Portillo¹.

Introducción.

La rentabilidad de las unidades de producción (UP) de leche en pequeña escala en México en general es baja, debido a los bajos precios de leche que se paga a los productores, así como al continuo incremento en el precio de los granos que son el principal insumo de esta actividad.

La producción nacional de leche desde el año 2010 ha registrado un crecimiento anual de 1.3%, con un volumen de producción acumulado para diciembre del 2016 de 11 949,916 t. En ese año se registró un crecimiento de + 1.87% mayor con respecto al mismo periodo del año 2015 (LACTODATA, 2017a:1).

A pesar del continuo crecimiento en la producción de leche nacional, México tradicionalmente ha sido un país importador de leche descremada en polvo (LDP), registrando un coeficiente de dependencia de este producto del 30% (LACTODATA, 2016a:5).

En diciembre del año 2015 LICONSA anunció que dejaría de comprar 250 mil litros de leche diarios a productores del estado de Jalisco debido al recorte presupuestal, a pesar de haber un contrato de por medio (El Financiero, 2015). Esta situación no es específica de este estado, en otros estados como Chihuahua productores enfrentan el mismo problema con LICONSA.

Además de la falta de presupuesto que enfrenta LICONSA, el bajo precio internacional de la LDP, el cual ha disminuido a más de 50% en los dos últimos años pasando de 5,000 a 2,000 dólares por t de 2014 a 2015) (LACTODATA, 2016b:1), hace más atractivo para la industria nacional utilizar este producto que la leche nacional.

Debido a lo anterior, a los productores se les han impuesto topes de producción, congelamiento o disminución del precio de la leche, por lo que han tenido que reducir el tamaño de su hato sacrificando vacas en producción, animales de remplazo, y optando por sistemas de alimentación de menor costo (como el pastoreo), así como de menores niveles de producción (El Financiero, 2016).

Las previsiones en el corto plazo no son alentadoras y, de continuar la tendencia en los precios de la leche y de los insumos, se prevé que muchas UP desaparezcan.

Este tipo de situaciones ya se había vivido anteriormente, por ejemplo, la crisis de 1994 obligó a UP especializadas y semi-especializadas principalmente, a abandonar la actividad ya que sus costos de producción se incrementaron significativamente ante la devaluación del peso y el encarecimiento de los insumos externos, de los cuáles eran altamente dependientes (ejemplo: granos, maquinaria, semen, remplazos etc.) (García, 1997).

Ante escenarios adversos como los descritos anteriormente, UP de leche pequeña escala así como las de lechería tropical, han demostrado ser más flexibles debido a sus características particulares como son, comercialización local a través de mercados informales, transformación de la leche en varios tipos de queso tradicionales de distribución local, bajo uso de insumos externos, bajo nivel de costos fijos, bajo o nulo endeudamiento, utilización de insumos locales, y principalmente a la utilización de mano de obra familiar (Albarrán *et al.*, 2015:521).

La ganadería doble propósito (DP) es una actividad económica relevante en zonas rurales porque representa una fuente importante de ingresos para las familias involucradas y, conlleva una doble vertiente, ya que por un lado, mantiene la estructura rural por la generación de empleos, y por otro, las estrategias de manejo favorecen el cuidado del ambiente socioeconómico en el que se desarrollan (Salas-Reyes, 2015:92).

En la región suroeste del Estado de México existen UP de DP, en las cuáles la venta de becerros destetados genera el 48% de los ingresos, mientras que la leche genera el 42%; sin embargo, la producción de leche genera ingresos diarios que permiten cubrir los

costos de operación de la UP (mantenimiento de los becerros), así como las necesidades económicas de la familia del productor (Salas *et al.*, 2013:89).

Se ha determinado que la alimentación representa entre el 50 y 70% del costo de producción de 1 kg de leche, por lo que la viabilidad económica de pequeñas UP depende de la capacidad de producir leche lo más barato posible para poder ser competitivos (Albarrán *et al.*, 2015:522).

El sistema de alimentación en las UP de DP del suroeste del Estado de México, está determinado por la disponibilidad de forrajes. En la época de lluvias la alimentación de todo el ganado se basa 100% en pastoreo, sin ningún tipo de suplementos. Por el contrario, en la época de estiaje (Diciembre a Mayo), ante la disminución de la disponibilidad y baja calidad de los forrajes, los productores suplementan a sus animales para mantener niveles adecuados de producción de leche en vacas y, mantener ganancia de peso de los becerros (Ortiz-Rodea *et al.*, 2010:192).

Los suplementos utilizados por los productores consisten en mezclar maíz-mazorca producido en la UP, con concentrado comercial en una proporción de 50:50. Albarrán *et al.*, (2009:187) estimaron que el costo de producción de un kg de leche en la época de estiaje fue de \$4.40, mientras que el precio de venta era de \$4.00.

El precio de los granos como el maíz y la pasta de soya son por lo general muy variables y, en general la tendencia es que éstos sigan incrementando su precio (LACTODATA, 2016b:5). Por lo tanto, es necesario desarrollar estrategias de alimentación que reduzcan la dependencia de insumos externos de las UP y, el costo de producción de un kg de leche, además de mantener los niveles de producción de leche que generen ingresos que permitan cubrir los costos de operación de las UP y, las necesidades económicas de la familia del productor.

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la respuesta económica de suplementos alternos al suplemento tradicional de productores de DP, en la región suroeste del Estado de México en las épocas de estiaje de los años 2010, 2012, 2014 y 2015.

Metodología.

Se recopiló información de 4 experimentos de suplementación realizados por el equipo de investigación del Centro Universitario UAEM Temascaltepec (Universidad Autónoma del Estado de México) en 2010, 2012, 2014 y 2015 (Esparza, 2011; Salvador *et al.*, 2016; Salas *et al.*, 2014). Los cuales fueron realizados en una UP de DP del municipio de Zacazonapan, en el suroeste del Estado de México, durante la época de estiaje (febrero - junio) de cada año reportado.

Se utilizaron vacas Pardo Suizo (entre 12 – 18 vacas). La base de la alimentación de las vacas fue pastoreo extensivo, y durante la época de estiaje recibieron ~5 kg de suplemento por vaca por día. En el Cuadro 1 se puede observar los ingredientes de los suplementos tradicionales y alternos en cada año. Los suplementos alternos (SA) se basaron en maíz-mazorca (~70%) producida en la UP experimental, al cual se le asignó un costo de oportunidad en base al precio pagado en la región para cada año de estudio. Además de esto, se utilizaron cantidades estratégicas de pasta de soya, urea y melaza (Cuadro 1).

En cada año, se evaluó la respuesta productiva y económica a la suplementación tradicional basada en mezcla de maíz-mazorca y concentrado comercial (50:50), contra suplementos alternos, de los cuales su composición varió para cada año. Además, se hace una comparación hipotética de la respuesta productiva y económica cuando el suplemento se hubiera basado en 100% de concentrado comercial, como punto de referencia. Los costos de los suplementos se estiman en base al precio real de los insumos para cada año de evaluación.

Para la evaluación económica se utilizó la metodología de presupuestos por actividad. Las variables de respuesta fueron: costo del suplemento (\$/kg), costo de producción por kg de leche (\$/kg), margen de ganancia por kg de leche producido (\$/kg). Adicionalmente, se determinó la estructura del costo de producción de un kg de leche, es decir, porcentaje del costo de producción debido a: alimentación, mano de obra familiar, mano de obra contratada y combustible.

Cuadro 6. Ingredientes de los suplementos utilizados en 2010, 2012, 2014 y 2015.

Ingrediente	2010 SA	2012 SA	2014 SA	2015 SA	Mm/CC
Maíz-mazorca (g/kg)	484	911	841	775	500
Soya (g/kg)	32	89	111	100	
Melaza (g/kg)			48	67	
Maíz molido (g/kg)				58	
Urea (g/kg)		14	23	23	
Concentrado Comercial (g/kg)	484				500

Mm/CC: Maíz-mazorca y concentrado comercial; SA: Suplemento alterno; Fuente: Elaboración propia con información de Esparza (2011), Salvador *et al.*, (2016), Salas *et al.*, (2014)

Respuesta económica a la utilización de diferentes suplementos, perspectiva 2010-2015.

En el Cuadro 2 se presenta la comparación de la respuesta económica a la suplementación alterna (SA), en comparación con la suplementación tradicional (Mm/CC).

En general para cada año las vacas recibieron 5 kg de suplemento en base fresca. El precio de venta de leche para el año 2010 fue de \$5.0/kg, mientras que para los años 2012, 2014 y 2015 fue de \$6.0/kg. El promedio de producción de leche fue de 6.5 kg/vaca. En el año 2012 se registró la producción promedio más baja de 5.8 kg/vaca/día, mientras que el mayor nivel promedio de producción fue de 7.1 kg/vaca/día en el año 2014.

Año 2010

En año 2010 el precio de venta fue el más bajo registrado en los años evaluados, el promedio de producción de leche se encontraba en 6.8 kg/vaca/día, el costo del SA fue 3% menor al del Mm/CC (Cuadro 1). El costo de producción para el SA fue 4% menor que el Mm/CC lo que deja un margen neto de ganancia por kg de leche de 4% más que el Mm/CC.

Año 2012

En 2012 aún se mantenía el alza de los precios de los insumos (LACTODATA, 2013) lo cual aumentó los costos de producción en promedio 16.4% con respecto a 2010, como se observa en el cuadro 2, en este año el precio de venta de leche aumentó en \$1.0 en

comparación con el año 2010. Con el SA, el costo de producción de un kg de leche por concepto de alimentación fue de 6.2% menor comparado con Mm/CC. Mientras que el margen de ganancia fue 3.8% mayor con SA.

Año 2014

En el Cuadro 2 para 2014 se observa que el precio de venta de leche se mantuvo sin cambio respecto al año 2012, la producción de leche aumentó ligeramente en 22%, lo cual se reflejó en un incremento de 26% en el margen neto de ganancia por kg de leche; mientras que el costo de producción por kg de leche disminuyó en 19%, con respecto a los resultados del año 2012.

Año 2015

En 2015 como se observa en el Cuadro 2, el costo de producción aumentó 42% con respecto a 2014 para SA, y el margen de ganancia disminuyó 23%. El costo de producción de Mm/CC fue 16.2% mayor que SA. El margen neto de ganancia para SA fue 26% mayor para SA en comparación con el suplemento tradicional (Mm/CC). La diferencia entre estos valores refleja la importancia del desarrollo de estrategias para la disminución de costos de producción y el aumento de los márgenes de ganancia.

Situación general.

En el Cuadro 2 de manera general se puede observar que la producción de leche se ha mantenido constante en el transcurso del tiempo, lo que indica que los suplementos alternos permiten mantener niveles de producción de leche similares a los logrados con la suplementación tradicional solo que a menor costo.

A nivel nacional se reporta un costo de producción promedio por kg de leche de \$4.43 del año 2008 al 2016 (LACTODATA, 2016c:2) mientras que el costo promedio de la estrategia de alimentación tradicional entre los años evaluados fue de \$3.33 y de \$3.0 para la estrategia alterna. Esto permite afirmar que los costos de producción de UP de DP en promedio son menores que el de UP intensivas y semi-intensivas; y que las estrategias alternativas de suplementación evaluadas han permitido reducir el costo de

producción de un kg de leche en comparación con la estrategia que tradicionalmente ha venido utilizando el productor tradicional de doble propósito en la región de estudio.

Cuadro 7. Comparación de la respuesta económica a la suplementación alternativa (SA) vs suplementación tradicional basada en maíz-mazorca y concentrado comercial (CC) (50:50).

Variable económica	2010	2012	2014	2015	CC				
Suplemento ofrecido (kg día)	5	5	5	5	5				
Precio de venta de leche (\$/kg)	5.0	6.0	6.0	6.0	5.8				
Leche (kg/vaca/d)	6.8	5.8	7.1	6.1	6.4				
	Mm/CC	SA	Mm/CC	SA	Mm/CC	SA	Mm/CC	SA	CC
Costo del suplemento (\$)	3.4	3.3	4.0	3.8	4.2	3.8	4.5	3.9	5.7
Costo de producción (\$/kg leche producida)	2.6	2.5	3.4	3.2	3.0	2.6	4.3	3.7	4.4
Margen neto de ganancia/kg leche(\$)	2.4	2.5	2.6	2.7	3.0	3.4	1.7	2.3	1.4

Mm/CC: Maíz-mazorca y concentrado comercial; SA: Suplemento alternativo; Fuente: Elaboración propia con información de Esparza (2011), Salvador *et al.*, (2016), Salas *et al.*, (2014)

En la Figura 1, se observa la evolución del margen de ganancia de la estrategia tradicional (Mm/CC, 50:50), la estrategia alterna y, el caso hipotético de una suplementación basada en concentrado comercial de 100%. Tanto la estrategia tradicional como la de concentrado comercial muestran una disminución en el margen neto de ganancia, debido al incremento de los granos, así como al bajo incremento en el precio de la leche pagada al productor. Para la estrategia alterna, debido a que se basa en un insumo producido dentro de la UP, su costo es menor, lo que permite que en general el margen de ganancia presente poco cambio durante el periodo de estudio.

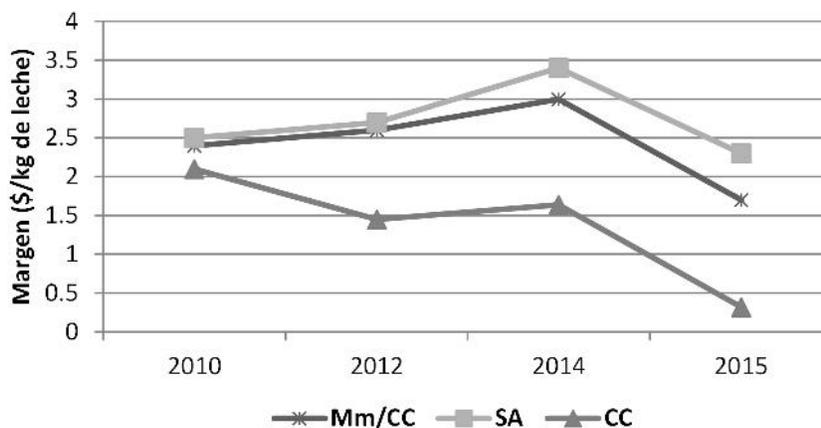


Figura 6. Evolución del margen de ganancia de la estrategia tradicional (Mm/CC, 50:50), la estrategia alterna (SA) y, el caso hipotético de una suplementación basada en concentrado comercial de 100% (CC)

En el Cuadro 3, se presentan el desglose de componentes de los costos de producción de un kg de leche, incluyendo el costo de oportunidad de la mano de obra familiar (MOF) y, sin incluir la MOF.

Al respecto, Posadas (2014:239) afirma que dado que hay un uso intensivo de MOF en el sistema de producción en pequeña escala, esto genera un alto valor agregado en los sistemas de producción de pequeña escala y, puede convertirse en un estímulo económico para continuar con la actividad lechera, sobre todo si el productor no tiene otra actividad que le genere ingresos económicos, lo cual es similar a los resultados obtenidos por Salas *et al.*, (2015:1192) para UP de DP. Se puede observar que la alimentación representa el mayor costo (solo por concepto de suplementación), lo que concuerda con lo mencionado por Calderón *et al.*, (2010:287), Salas *et al.*, (2015:1192).

Cuadro 8. Desglose de componentes en porcentaje de los costos de producción considerando el costo de la mano de obra familiar (CMOF) y sin considerar el costo de la mano de obra familiar (SMOF).

	2010	2012	2014	2015	CC Prom.
	CMOF				
Costo de producción (\$/kg leche producida)	2.50	3.20	2.65	3.66	4.44
Alimentación (%)	55	59	48	57	67
MOF (%)	20	18	22	18	15
MOC (%)	20	18	22	18	14
Combustible (%)	6	5	7	6	4
	SMOF				
Alimentación (%)	68	72	62	70	78
MOC (%)	24	22	29	22	17
Combustible (%)	7	6	9	8	5

CC: Alimentación con concentrado comercial. Fuente: Elaboración propia con información de Esparza (2011), Salvador *et al.*, (2016), Salas *et al.*, (2014).

Con respecto a la MOF en el escenario CMOF del Cuadro 3, esta representa en promedio el 19.5% del costo de producción (\$3.00 promedio). En el segundo escenario (SMOF) al eliminar el costo de la MOF el costo por concepto de alimentación incrementa su porcentaje de participación a 70%. A nivel nacional, se reporta que la alimentación representa 65% del costo de producción por concepto de alimentación, lo cual es 5%

menor el porcentaje reportado en este estudio, solo que con un costo de producción 32% menor al costo promedio de producción de un kg de leche a nivel nacional.

En ambos casos con y sin incluir el costo de la MOF, la alimentación sigue siendo el principal componente del costo de producción de un kg de leche. Ante el escenario actual de bajo precio de leche pagado al productor y, a la falta de mercado para la leche fluida nacional por las importaciones baratas, los productores deben seguir explorando estrategias de alimentación que permitan reducir costos de producción aún más, de forma que los productores en pequeña escala sean competitivos y puedan continuar con la actividad pecuaria.

En general las UP de DP del suroeste del Estado de México, cuentan con recurso tierra de manera amplia, a partir de la cual, podrían incrementar la superficie de cultivo o incrementar la eficiencia de los cultivos de maíz, lo que a su vez les permitiría reducir tanto costos de producción como dependencia de insumos externos.

Conclusiones

Los resultados permiten concluir que la elaboración de suplementos basados en maíz-mazorca producido en la unidad de producción, complementado con cantidades estratégicas de pasta de soya, urea y melaza, permiten lograr costos de producción de leche competitivos, prescindiendo de concentrados comerciales, asegurando la viabilidad y persistencia de las pequeñas UP en el largo plazo.

Bibliografía

Albarrán Portillo Benito, Rebollar Samuel, García Martínez Anastacio, Rojo Rubio Rolando, Avilés Nova Francisca y Arriaga Jordán Carlos M., 2015. Socioeconomic and productive characterization of dual-purpose farms oriented to milk production in a subtropical region of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 47:519–523. DOI: 10.1007/s11250-014-0753-8.

Calderón Robles René C., Aguilar Barradas Ubaldo y Lagunes Juvencio, 2010. Evaluación económica de las unidades de lechería tropical y doble propósito del sitio experimental Las margaritas: costo de producción, margen bruto y punto de equilibrio. Los grandes retos para la ganadería: Hambre, pobreza y crisis ambiental. Cavallotti V. B., Marcof A. C. F. y Ramírez V. B. Universidad Autónoma de Chapingo. pp 283-290.

- El Financiero, 2015. Liconsa dejó de comprar leche a productores de Jalisco. En <http://www.elfinanciero.com.mx/economia/liconsa-dejo-de-comprar-leche-a-productores-de-jalisco.html> (consultada en agosto de 2016)
- Esparza Jiménez Sherezada, 2011. Respuesta Productiva y Económica a la Suplementación en Vacas Doble Propósito en Zacazonapan, Estado de México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de México, El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, pp 61.
- García H, L.A., 1997. Análisis de la Pequeña Producción Lechera en México a partir de la Renta Ganadera. En: Memorias del “Seminario-Taller Nacional en Sistemas de Producción de leche en Pequeña Escala. Centro de Investigación en Ciencias Agropecuarias., Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia., Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca México. P. 81-82.
- LACTODATA. 2013. Precios de granos e insumos. En <http://lactodata.info/indicadores/cuadros-y-graficos/>. (Consultada en julio de 2016)
- LACTODATA. 2016a. Leche de vaca avance de producción, índices, indicadores En <http://lactodata.info/boletin/produccion-de-leche-de-vaca/> (Consultada en agosto de 2016)
- LACTODATA. 2016b. Leche de vaca. Precios, mercados: noticias, índices, indicadores. En <http://lactodata.info/boletin/precios-de-la-leche-de-vaca-resumen/> (Consultada en agosto de 2016)
- LACTODATA. 2016c. Leche de vaca indicadores: relación precio-costo de la leche. En <http://lactodata.info/boletin/relacion-precio-costo-de-la-leche/> (Consultada en septiembre de 2016)
- LACTODATA. 2017a. Producción de leche de bovino. En <http://lactodata.info/boletin/produccion-de-leche-de-vaca/> (Consultada en febrero de 2017)
- Ortiz Rodea Arturo, García Martínez Anastacio, Rojo Rubio Rolando, Esparza Jiménez Sherezada y Albarrán Portillo Benito, 2010. Sustentabilidad socioeconómica del sistema de producción bovino de Zacazonapan, Estado de México. Los grandes retos para la ganadería: Hambre, pobreza y crisis ambiental. Cavallotti V. B., Marcof A. C. F. y Ramírez V. B. Universidad Autónoma de Chapingo. P. 283-290.
- Posadas Domínguez Rodolfo R., Arriaga Jordán Carlos M., and Martínez Castañeda Francisco E., 2014. Contribution of labour to the profitability and competitiveness on small-scale dairy production systems in central México. *Tropical Animal Health and Production* 46: 235–240
- Rebollar Rebollar Samuel., Hernández Martínez Juvencio, González Razo Felipe, Albarrán Portillo Benito, and Rojo Rubio Rolando, 2011. Canales y Márgenes de Comercialización del Queso Añejo en Zacazonapan. *Archivos de Zootecnia* 60: 883–889.
- Salas Reyes Isela G., Arriaga Jordán Carlos M., Rebollar Rebollar Samuel, García Martínez Anastacio y Albarrán Portillo Benito, 2013. Evaluación de la sostenibilidad en UP doble propósito durante la época de lluvias en Zacazonapan, Estado de México. En *Seguridad alimentaria y Producción*

- ganadera en unidades campesinas. Cavallotti V. B., Ramírez V. B., Cesín V. A., Rojo M. G. y Marcof A. C. F. Universidad Autónoma de Chapingo. P. 83-91.
- Salas Reyes Isela G., Arriaga Jordán Carlos M., Rebollar Rebollar Samuel, García Martínez Anastacio y Albarrán Portillo Benito, 2015. Assessment of the sustainability of dual-purpose farms by the IDEA method in the subtropical area of central Mexico. *Tropical Animal Health and Production*. 47:1187–1194.
- Salas Reyes Isela Guadalupe, 2014. Respuesta Productiva y Económica de Tres Niveles de Proteína Cruda en Suplementos Ofrecidos a Vacas Lactantes en un Sistema Doble Propósito en Zacazonapan, Estado de México. Memorias del III Congreso Nacional y II Internacional en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ciencias Agrícolas: Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Fitomejoramiento. Toluca Méx.

7.2 Artículo enviado. Productive and economic response to partial replacement of cracked maize ears with ground maize or molasses in supplements for grazing Brown Swiss dual-purpose cows during the dry season

Respuesta productiva y económica del reemplazo parcial de mazorca de Maíz quebrado con maíz molido o melaza en suplemento para vacas Pardo Suizo de doble propósito durante la época de secas

15/9/2017

Gmail - [RMCP] Envío recibido



Benito Albarrán Portillo <balbarran@gmail.com>

[RMCP] Envío recibido

6 messages

MVZ. Arturo García Fraustro <cienciaspecuarias@inifap.gob.mx>
To: Benito Albarran Portillo <balbarran@gmail.com>

Sat, Aug 5, 2017 at 12:47 PM

Benito Albarran Portillo:

Hemos recibido y agradecemos el envío de su manuscrito: "Partial replacement of cracked maize with maize meal or molasses in supplements for grazing dual-purpose cows during the dry season" a la Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. A través del sistema de gestión de revistas online usted podrá seguir su progreso del proceso editorial identificándose en el sitio web de la revista:

URL del manuscrito:

<http://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/author/submission/4569>

Nombre de usuario/o: balbarranp

Si tiene cualquier pregunta no dude en contactar con nosotros/as a cienciaspecuarias@inifap.gob.mx. Gracias por tener en cuenta nuestra revista para difundir su trabajo.

MVZ. Arturo García Fraustro
Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias

Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias
<http://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/>

Resumen

Se evaluó la respuesta productiva y económica del remplazo parcial de mazorca de maíz quebrado (Mm) con maíz molido (GM) o melaza, en suplementos para vacas Pardo Suizo de doble propósito en pastoreo, en la época de estiaje. Dieciocho vacas multíparas (414 ± 13 kg de peso vivo, y 106 ± 32 días en lactación) fueron asignadas al azar a tres suplementos. Suplemento control (SC) consistió en Mm (87%), pasta de soya (11%) y urea (2%); reemplazo de 20% de Mm con 20% maíz molido (GMS), y 18% de melaza (MOS) como remplazo de Mm. Las vacas recibieron 5 kg/día en materia seca (MS) del suplemento; mientras que los becerros recibieron 1.8 kg/día MS del SC. El experimento duró once semanas. Los datos fueron analizados con el procedimiento Modelo Mixto de SAS en un diseño completamente aleatorio. Se determinaron márgenes netos de ganancia (MNG) de leche y carne (kg de becerro destetado) mediante presupuestos parciales. No existieron diferencias ($p > 0.05$) entre rendimientos de leche de las vacas que recibieron CS y MOS (6.2 y 7 kg/vaca/día, respectivamente). Los rendimientos de leche de vacas que recibieron MOS fueron mayores ($p < 0.05$) que en las vacas que recibieron GMS (5.7 kg/vaca/día). No existieron diferencias significativas ($p > 0.05$) en las demás variables de respuesta. El reemplazo parcial de mazorca de maíz quebrado con maíz molido o melaza de caña, no afectó la respuesta productiva de las vacas, ni ganancia de peso de becerros. Los MNG combinados (leche y carne) fueron en promedio 9% mayores para el suplemento con melaza.

Palabras clave: Leche, Carne, Pardo Suizo, Pastos Tropicales, Suplementación energética.

Abstract

The aim of the study was to assess the effect of partial replacement of cracked maize ears (CME) with ground maize or sugar cane molasses in supplements for grazing dual purpose Brown Swiss cows during the dry season in the southwest of the State of México. Eighteen multiparous cows (414 ± 13 kg of body weight and 106 ± 32 days in milk), and their calves were randomly assigned to experimental supplements. Control supplement (CS) consisted of cracked maize ears (CME) (87%), soybean meal (11%) and urea (2%). Experimental supplements consisted of ground maize replacing 20% of CME (GMS), and sugar cane molasses replacing 18% of CME of the CS (MOS). Cows received 5 kg/cow/day DM of the supplement assigned; whereas calves received 1.8 kg/calf/day DM of the CS. The experiment lasted eleven weeks. Animal response variables were recorded once at the end of every week. A linear mixed model was used to analyse the data as a completely randomized design. Net profit from milk and beef due to supplements were estimated using the partial budget approach. CS and MOS were similar ($p>0.05$) on milk yields (6.2 and 7 kg/cow/day, respectively). Partial replacement of cracked maize ears with ground maize or sugar cane molasses, in supplements for grazing Brown Swiss dual purpose cows during the dry season, did not affected animal productive response. However, combined net profit margins (milk and calves sales) were 9% higher when including sugar cane molasses in supplements.

Key words: Milk, Beef, Brown Swiss, Tropical Grasses, Energy supplementation.

Introduction

Dual-purpose (DP) bovine production, in tropical regions of Mexico and Latin America, rely on the use of local resources like grasses, shrubs and trees under extensive management. In the south west of the state of Mexico as well as in most tropical regions of México, cattle feed exclusively on forages under extensive grazing during the rainy season. During the dry season (December to May), the availability and nutritional quality of forages decreases considerably. To minimized the impact of the low forage availability and to the diminished quality of forages, farmers supplement their cattle with variable amounts of supplement (5 – 9 kg DM/cow/day)⁽¹⁾.

Farmers' decision on the amount of supplement offered to each cow, and the time to start supplementation during the dry season, depends on the availability of forage on pastures. The second half of the dry period (March to May) is the most critical for farmers, since forage in pastures becomes scarce, so that farmers use supplements to sustain animal production ^(1,2).

Metabolizable energy has been reported as one of the main constrains for cattle production under tropical conditions due to the low nutritional value of forages (due mainly to high fibre content) ⁽³⁾.

Supplements represent between 50 to 70% of milk and beef production costs. Due to supplementation, milk production costs increase 22% in the dry season, in comparison to the rainy season, reducing the already slim profit margins ^(1,2).

In order to keep supplement costs as low as possible, harvested maize ears produced in the farm are cracked instead of being ground, in order to reduce processing cost. However, total digestibility of cracked maize ears is lower (87.6%), compared with ground maize (91.7%) ⁽⁴⁾. Frequently, un-degraded large particles of maize appear in faeces representing a waste and inefficient use of this resource.

Maize starch is the most common source of energy for dairy cattle, that degrades between 4 to 6.4%/h. Carbohydrate sources with faster degradation rates than maize may improve ruminal conditions, resulting in better animal productive response to supplementation ⁽⁵⁾.

Sugar cane molasses is a readily source of energy, that has been used in supplements for cattle feeding on low quality grasses in tropical regions ^(6,7,8). However, despite availability and relatively low cost, farmers in the study region do not incorporate this resource in their cattle supplements.

The inclusion of sugar cane molasses under *in vitro* studies improves fibre digestibility of a combination of star grass (*Cynodon nlemfuensis*) and *Leucaena leucocephala*; whereas the inclusion of maize grain increased *in vitro* volatile fatty acids production ⁽⁹⁾. Furthermore, addition of sugar cane molasses to supplements based on maize silage, improved growing rates of heifers under tropical conditions, reducing production costs at the same time ⁽⁶⁾.

The aim of this experiment was to evaluate the productive and economic response of partial replacement of cracked maize ears (control supplement (CS)) with ground maize (20% inclusion) (GMS), or sugar cane molasses (18% inclusion) (MOS), in supplements offered to grazing dual purpose Brown Swiss cows during the dry season in a subtropical region of Mexico.

Materials and methods

Area description

The study was performed in a commercial dual purpose farm in the State of Mexico, at 19° 04 '48" North and 100° 13' 18" West, and an altitude of 1,470 m. Climate is subtropical (warm sub-humid), with a mean annual temperature of 23 °C, and 1,115 mm mean annual rainfall.

Experimental farm

The participating farm is of typical characteristics of DPF of the region. Resources, management and socioeconomic characteristics have been described ⁽¹⁾.

Briefly, the farm produces milk all year round, and milk and calves sales represent 42% and 44% of annual incomes, respectively. Daily milk incomes cover daily expenses of farm operation, and the economic needs of the farming family. Calves are sold at 18 months old, usually by the end of the rainy season. Farm land extension is 100 ha and

the perimeter fenced, with no subdivisions, where cattle graze all year round. Usually, around 35 milking cows and their calves plus a sire are kept as a single herd, whereas replacements, are kept on a different location.

Cattle feed exclusively on forages during the rainy season, receiving only mineral supplementation. During the dry season, cows are supplemented with a mixture of cracked maize, and soybean meal (~5 kg/cow/day DM).

Animals and management

Eighteen multiparous Brown Swiss cows (414 ± 13 kg weight and 106 ± 32 days in milk) were randomly allocated to one of three treatments (six cows per treatment).

Experimental cows grazed with the rest of the herd. Stocking rate was 0.25 animal units (AU) per ha. Cows had access to *ad libitum* water and minerals. Milking of cows was manually from 7:00 to 9:00 h once a day. Before milking, the calf was allowed to suckle for few seconds the first milk for let-down, and then tied to the cow's neck until the end of milking. Afterwards, calves suckled the residual milk and remained with their dam in grazing areas until 14:00 h.

After been separated from their dams, calves remained in a different paddock until the next morning, where they grazed on a pasture of similar characteristics as the cows. Calves received 1.8 kg DM/day of the control supplement (Table 2), and had access to water and a mineral mix *ad libitum*.

From a previous study (unpublished), calves consumed on average 3.0 kg of milk estimated by weight differences before suckling (9:00 h milking) and after removal from their dams (14:00 h).

The management of cows and calves during the experiment was minimal in order to avoid stress in the animals, and not to interfere with the farmer's daily activities. Therefore, cows and calves were weighted once a week.

Treatments

The control supplement (CS) was based on cracked maize ears (CME) (husk, kernels and cob) (86.6%), complemented with soybean meal (11.1%) and urea (2.3%). In the first

experiment, 20% of ground maize grain partially replaced cracked maize ears in the supplement, to form the ground maize supplement (GMS). For the second experimental supplement, 18% of molasses replaced the same proportion of cracked ear maize (MOS). Table 2 shows the Ingredients and chemical composition of supplements.

Experimental cows individually received their assigned supplement (5 kg of DM/cow/day) while milking, in a cloth bag tied to their neck. All cows consumed the supplement entirely.

The experiment started on February 19th and ended on May 8th of 2015. Previous to the start, cows spent one week as adaptation period to the supplements. Then, the experiment proceeded for the next eleven weeks (experimental periods).

Milk yield and composition

Milk yield was recorded on the last day of every week. After milking, cows and calves were weighted. Body condition score (BCS) of cows was determined on a 1 to 5 score scale. Milk composition (fat, protein and lactose g/kg) was determined within 2 h after milking on recording day with a portable ultra-sound milk analyser. Milk urea nitrogen (MUN) was subsequently determined in the laboratory by enzymatic colorimetry.

Feed sampling and chemical analysis

Pasture variables were determined every other week (1, 3, 5, 7, 9 and 11). Available herbage mass (AHM) (kg DM ha/day), was determined by placing six quadrants (0.25 m²), adjacent to a patch where the cows were grazing at the sampling time. Herbage mass (HM) inside the quadrants was cut to ground level with shears to determine AHM in grazing areas. From the quadrants, a 25 g sample was separated into live and dead matter, and each was weighed.

Determined pasture variables (kg DM/ha) were: available herbage mass (AHM), and its corresponding amounts of leaf (LA), stem (SA), dead matter (DMA), and live matter (LMA).

Green matter was considered live matter, and non-green matter was considered dead matter. LA and SA were estimated from the 25 g samples harvested from each quadrant by separating leaves from stems and weighing them separately. Finally, a composite

sample from the six quadrants (100 g) per week was taken to determine chemical composition of pastures.

Supplements were sampled on two consecutive days at the end of every Wk, to determine chemical composition of a composite sample.

Feed samples were dried at 60°C to constant weight to determine DM. They were also analysed for ash, crude protein (CP) by the micro Kjeldahl method ⁽¹⁰⁾. Neutral detergent fibre (NDF), acid detergent fibre (ADF) and acid detergent lignin (ADL) using the Ankom method ⁽¹¹⁾.

The ME of supplements and pasture was estimated using the OMd values from *in vitro* gas production, using the following equation ⁽¹²⁾:

$$\text{ME (MJ/kg DM)} = (\text{OMd}) (0.0157)$$

where: ME = metabolizable energy (MJ/kg DM); OMd digestibility of organic matter (g/kg DM).

The *in vitro* dry matter digestibility (DMd), organic matter digestibility (OMd), and NDF digestibility (NDFd) were determined using the *in vitro* gas production technique. Degradation fractions *a*, *b* and *L* of herbage were estimated according to the following equation ⁽¹³⁾.

$$y = A \{1 - \exp[-b(t - T) - c(\sqrt{t} - \sqrt{T})]\}$$

where: *y* = cumulative gas production (mL), *t* = is the incubation time in hours, *A* = is the asymptote of the total gas produce (mL/g DM), *b* = is the constant of gas produced per hour, *c* = is a constant, and *T* = is a discrete lag time in hours in that microorganisms colonize the substrate and star the fermentation.

The degradation fraction rate (μ) was calculated using the following equation ⁽¹³⁾:

$$\mu = b + \mu = b + \frac{c}{2\sqrt{t}}, t \geq T$$

Herbage dry matter intake

Cow's herbage DMI was estimated indirectly from animal performance, taking calculations for energy requirements of milking cows from and estimated ME content of feeds from chemical analysis ⁽¹⁴⁾.

$$\text{Herbage dry matter intake (kg/day)} = \frac{ME_m + ME_{ml} + MEL_w + SupME}{\text{Herbage ME}}$$

where ME_m, ME_{ml} and MEL_w are the estimated ME requirements for maintenance, milk yield and live weight change, respectively. SupME is the ME provided by the supplement (MJ/kg DM), and herbage ME is the estimated ME concentration of herbage samples. The ME concentrations of supplements and pasture were calculated using OMD results from in vitro gas production ⁽¹³⁾:

$$ME \left(\frac{MJ}{kg} DM \right) = (OMd)(0.0157)$$

Economic analysis

The economic analysis was performed using the partial budget approach ⁽¹⁵⁾, to determine the economic profits from the use of supplements, exclusively for milk and beef (i.e. kg of weaned calves). Economic analysis results are expressed in US dollars.

Statistical analyses

The data were analysed using the MIXED procedure of SAS 9.0 ⁽¹⁶⁾ for a completely randomized experimental design, with cow as a random effect to account for repeated measurements on the same animal throughout the experiment.

The model used was:

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_{ij} + t_k + (\tau\beta)_{ik} + \epsilon_{ijk}$$

where: y_{ijk} = dependent variable, μ = overall mean, τ_i = fixed effect of treatment ($i=1, 2$ and 3), t_k = fixed effect of Wk ($k = 1, 2 \dots 11$), $(\tau\beta)_{ik}$ = fixed effect of interaction between

treatment i and Wk k , ϵ_{ij} = random effect of cow j within each treatment and, ϵ_{ijk} = random error term.

Least squares means and standard errors for fixed effects were obtained and used for multiple mean comparisons. Significant differences between treatments were declared when $p < 0.05$.

RESULTS

Table 1 shows the chemical composition of pasture herbage as well as *in vitro* gas production parameters. Crude protein average was 58 g/kg DM, having maximum values in Wk3 and Wk4 (70 and 75 g/kg DM, respectively). Dry matter digestibility (DMd) and estimated metabolizable energy (ME) had the highest values in Wk4 and Wk5 (620 and 606 g/kg DM, and 9.6 and 9.4 MJ/kg DM, respectively).

The asymptotic gas production (b) (mL/g DM), had the highest values in Wk4 and Wk5. The rate of gas production (c) showed the highest values in Wk6 (0.034) and Wk7 (0.039), whereas from Wk1 to Wk5 the rate remained constant ~ 0.032 /h. Initial lag time before gas production begins (L) had the lowest value in Wk1 (4.4), while from Wk2 to Wk7 values remained close to 5.2.

Average NHA was 11 (kg/ha/day), whereas AHM was 1,932 (kg/ha DM). Pasture morphological composition is shown in Figure 1. Green pasture represented 58% of AHM, with an increasing trend towards the end of the study, due to some light rains; whereas leaf represented 38% of the AHM. *Cynodon plectostachyus* was the predominant grass representing 92% of the botanical composition; while *Paspalum notatum* and *Paspalum convexum* represented 5 and 3%, respectively.

Table 2 shows ingredients and chemical composition of supplements. Average DM was 864 g/kg. Crude protein contents were 124 (CS), 113 (GMS) and, 119 (MOS) g/kg DM. Neutral detergent fibre of CS was 43% higher (379 g/kg DM) than experimental supplements (218 and 214 g/kg DM for GMS and MOS, respectively).

Molasses inclusion increased values for dry matter digestibility (DMd), organic matter digestibility (OMd) and neutral detergent fibre digestibility (NDFd), as well as estimated metabolizable energy (MJ/kg DM), compared with CS and GMS. MOS water soluble content represented by the a fraction produced higher gas volume (68.1), than CS (59.8) and GMS (46.5) (Table 2). Soluble fermentation rate of CS was lower (0.098), than GMS and MOS (0.128 and 0.153, respectively). Insolubles (b), which is the insoluble but potentially fermentable material was higher for GMS (274.2), than CS (256.8) and MOS (255.7). The lag phase was shorter for MOS (4.2 h), intermediate for GMS (5.5 h) and longer for CS (5.8 h).

Table 3 shows animal productive response variables. There were no significant differences due to treatments, with the exception of DMI (kg/day) and milk yield (kg/day) ($p < 0.01$). The effect of Wk was highly significant ($p < 0.01$) for all variables.

Dry matter intake (kg/cow/day) of CS was statistically not different ($p > 0.05$) from MOS (12.2 and 11.7 kg/day, respectively), but significantly different ($p < 0.05$) from GMS (11.1 kg/day); whereas GMS and MOS were not different from each other ($p > 0.05$).

Milk yield was statistically similar between CS and MOS with 6.2 and 7 kg/cow/day; whereas GMS (5.7 kg/cow/day) was different from MOS but similar to CS. There were no differences ($p > 0.05$) for the rest of the response variables. Fat, protein and lactose mean contents were 33.9, 30.5 and 42.7 (g/kg), respectively. Mean milk urea nitrogen (MUN) was 7.7 (mg/dL).

Live-weight was not different between treatments (430, 406 and 430 kg/cow, for CS, GMS and MOS, respectively). Cows given CS, GMS and MOS had similar ($p > 0.05$) daily weight gains of 0.283, 0.136 and 0.281 (kg/day), respectively. The average body condition score (BCS) was 1.5 points. Calves mean weight gain was 0.7 (kg/day) (Table 3).

Table 4 shows the partial budget analysis of milk and beef (weaned calves) due to supplements. Molasses supplement had a higher production cost (i.e. total supplement cost), but had better economic returns (i.e. total milk profit margin).

Beef production (kg/treatment as weaned calves) for MOS was higher (399 kg) than CS and GMS (371 and 388 kg, respectively); resulting in higher beef incomes and profit margins. GMS was second best for both indicators (Table 4).

Overall, MOS was the treatment with higher total net profit margin from milk plus beef with \$1,874 ($p < 0.01$); whereas CS came second (\$1,678) and, GMS generated the lowest total net profit margin with \$1,625 (Table 5).

DISCUSSION

The AHM in grazing areas remained low but constant in the grazing areas. The low but constant forage production during the experiment in spite of dry conditions could be due to water filtered to pastures from a stream that runs across the study area. This may explain in part the constant green material in grazing areas from Wk1 to Wk9; whereas the sharp increment was due to unusual rain at the end of the study.

In spite of these, the chemical composition of pasture across the experiment was low in terms of CP, DMd, and estimated ME. Similar chemical and agronomic characteristics of pastures dominated by *Cynodon plectostachyus*, from a nearby location to this study have been reported ^(17, 18).

Molasses inclusion improved *in vitro* degradability of the supplement given by the fractions *a* and *b*, resulting in 0.5 MJ of estimated ME more than CS and GMS. This improvement could have had a positive impact on forage digestibility, by improving the ruminal environment due to the supply of readily available energy, which could have increased dry matter intake (additive effect), as demonstrated in previous studies ^(19, 20, 21).

The second best supplement was CS, according to soluble fraction *a*. Better degradation kinetics were expected in the GMS than in the CS, since a small particle size of maize grain increases starch digestibility (high soluble fraction) ⁽²²⁾. However, CS had a higher soluble (*a*) fraction, higher insoluble (potentially degradable “*b*”) and higher insoluble fermentation rate, than GMS. These could be due to higher proportion of husk and cob material in CS, which have a greater potential degradability, compared with GMS.

The low milk production response of cows on GMS was unexpected, since ground maize has been reported to yield more energy in rumen in the form of propionate production. Rumen propionate production has been reported as the main driver of milk in lactating dairy cows ⁽⁴⁾.

One possible explanation to the low milk production response could be related to the fact that GMS had about 20% less soybean than the other two supplements. Low rumen degradable protein has been related to lower NDF digestibility ^(23, 24).

Furthermore, under low grass quality conditions like in this experiment, sugar cane molasses supplemented with urea, could be a better alternative than ground maize as a source of energy, since sugars are more rapidly fermented in the rumen than the starch from maize, allowing a readily supply of energy to rumen microbes. This may explain the higher soluble fraction and shorter lag phase of MOS ⁽²⁵⁾.

Milk yields and milk composition in this study were lower than yields of Holstein and Brown Swiss x Zebu cows ^(26, 27). However, cows in both studies lost weight (~ 40 kg) and BCS, attributed to insufficient nutrients provided by the supplements; contrary to weight gained by the cows in this experiment (~ 0.233 kg/day).

In this study, treatments did not affect milk composition (i.e. fat, protein or lactose); contrary to this, reports show significant differences in protein yield (kg/day) due to a reduction in maize grain particle size that increased starch fermentation, resulting on higher propionate concentration in rumen ⁽²³⁾.

Despite cows did gain weight due to supplements (average 0.233 kg/day), body condition score remained unchanged throughout the experiment (~1.5). Dual purpose cows under typical management do not receive enough energy supplies, resulting in small cow size, and limited dry matter intake capacity limiting milk yields. To overcome this situation, it has been proposed supplementation of good quality tropical grasses (0.6 to 4.4 kg/day), and supplements (between 4.0 and 5.0 kg/day), all year round. By doing this, cows will likely be on a better body condition score, (positive energy balance), particularly during critical periods like early lactation, resulting on higher milk yields ⁽²⁸⁾.

From the economic point of view, molasses inclusion in the supplement increased profits from milk and beef. The small milk yield difference between these two treatments made a significant economic difference in milk and beef profit margin ⁽²⁹⁾.

Combined net profit margins from milk and beef (weaned calves) were around 9% higher for MOS compared to CS and GMS. Molasses has been reported as an energy supplement that results in better milk and beef revenues ^(29, 30). However, these effects do not always happen. In situations when molasses is of high cost, its inclusion in dairy cow supplements represented a loss of revenue due to the small milk response ⁽³¹⁾.

Farms in the study region cannot adopt any kind of forage conservation due to the steep conditions of pastures, besides the increased cost due to labour and machinery. Therefore, molasses inclusion in supplements during the dry season could be a supplementation alternative to sustain animal production performance, when forages are limited and of low quality.

CONCLUSIONS and IMPLICATIONS

Partial replacement of cracked maize ears with sugar cane molasses, in supplements for grazing Brown Swiss dual purpose cows during the dry season, significantly increased milk yields over a supplement with ground maize. There were no differences in other animal productive response variables. Combined net profit margins (milk and calf sales) were on average 9% higher when including sugar cane molasses in supplements.

ACKNOWLEDGMENTS

The first author wishes to acknowledge the financial support of the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) of Mexico and to the Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMEX) towards her doctorate programme. Gratitude is also expressed for the funding of this research through grants 1003/2012RCA (UAEMEX) and 129449 CB-2009 (CONACYT).

LITERATURE CITED

1. Albarrán-Portillo B, Rebollar-Rebollar S, García-Martínez A, Rojo-Rubio R, Avilés-Nova F, Arriaga-Jordán, CM. Socioeconomic and productive characterization of dual-purpose farms oriented to milk production in a subtropical region of Mexico. *Trop Anim Health Prod* 2015;44(3):519-523. doi:10.1007/s11250-014-0753-8.
2. Salas-Reyes IG, Arriaga-Jordán CM, Rebollar-Rebollar S, García-Martínez A, Albarrán-Portillo B. Assessment of the sustainability of dual-purpose farms by the IDEA method in the subtropical area of central Mexico. *Trop Anim Health Prod* 2015;47(6):1187-1194. DOI 10.1007/s11250-015-0846-z.
3. Absalón-Medina VA, Blake RW, Gene Fox D, Juárez-Lagunes EG, Nicholson FC, Canudas-Lara EG. Limitations and potentials of dual-purpose cows herds in central coastal Veracruz, Mexico. *Trop Anim Health Prod* 2011;44(6): 1131-1142. doi:10.1007/s11250-011-0049-1.
4. Owens FN, Zinn RA, Kim YK. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. *J Anim Sci* 1986;63(5):1634-1648.doi:10.2527/jas1986.6351634x.
5. Gehman AM, Bertrand JA, Jenkins TC, Pinkerton BW. The effect of carbohydrate source on nitrogen capture in dairy cows on pasture. *J Dairy Sci* 2006;89(7):2659-2667.
6. Vélez-Terranova M, Sánchez-Guerrero H, Duran Castro CV. Evaluación de la suplementación energética durante el crecimiento de novillas lecheras de reemplazo utilizando el modelo CNCPS. *Trop Subtropical Agroecosys* 2014;17(1):143-154.
7. Granzin BC, Dryden G McL. Monensin supplementation of lactating cows fed tropical grasses and cane molasses or grain. *Anim Feed Sci Tech* 2005;120: 1-16.
8. Hunter RA, Kennedy PM. Effects of increasing rates of molasses supplementation and forages quality on the productivity of steers. *Anim Prod Sci* 2016;56: 871-881. <http://dx.doi.org/10.1071/AN14846>.
9. 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.
10. AOAC, Official Methods for Analysis. Association of Official Analytical Chemists 1990, Arlington, VA, USA.
11. Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci* 1991;74(10):3583-97.
12. AFRC (Agricultural and Food Research Council). An advisory manual prepared by the AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients. Wallingford: CAB International. 1993.
13. Mauricio MR, Mould FL, Dhanoa MS, Owen E, Channa K, Theodorou MK. A semi-automated in vitro gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. *Anim Feed Sci Tech* 1999;79(4):321-330.
14. Baker RD. Estimating herbage intake from animal performance. In: Leaver, J.D. (ed) *Herbage Intake Handbook*. Hurley: British Grassland Society.1982: 77-93.
15. Espinoza-Ortega A, Espinosa-Ayala E, Bastida-López J, Castañeda-Martínez T, Arriaga-Jordán CM. Small-Scale dairy farming in the highlands of central Mexico: technical, economic and social aspects and their impact on poverty. *Exp Agr* 2007;43:241-256.
16. SAS Institute. SAS User's guide. Statistics, Version 9 ed. SAS Inst., Inc., Cary, NC. 2002.
17. López-González F, Estrada-Flores JG, Avilés-Nova F, Yong-Angel G, Hernández-Morales P, Martínez-Loperena R, *et al.*, Agronomic evaluation and chemical composition of african star grass

(*Cynodon plectostachyus*) in the southern region of the state of Mexico. Trop Subtropical Agroecosys 2010;12(1):1-9.

18. López-González F, Sánchez-Valdés JJ, Castelán-Ortega OA, Albarrán-Portillo B, Estrada-Flores JG. Agronomic and nutritional characteristics of three grass species in the southern region of Mexico. Indian J Anim Sci 2015;85(3):271-274.
19. Morales JL, Van Horn HH, Moore JE. Dietary interaction of cane molasses with source of roughage: intake and lactation effects. J Dairy Sci 1989;72(9): 2331-2338.
20. Petty SR, Poppi DP. The live weight gain response of heifers to supplements of molasses or maize while grazing irrigated *Leucaena leucocephala*/*Digitaria eriantha* pastures in north-west Australia. Anim Prod Sci 2012;52: 619-623. <http://dx.doi.org/10.1071/AN11242>.
21. Tuyen DV, Tolosa XM, Poppi DP, McLennan SR. Effect of varying the proportion of molasses in the diet on intake, digestion and microbial protein production by steers. Anim Prod Sci 2014;55:17-26. <http://dx.doi.org/10.1071/AN13225>.
22. Rémond D, Cabrera-Estrada JI, Champon M, Chauveau B, Coudure R, Poncet C. Effect of corn particle size on site and extent of starch digestion in lactating dairy cows. J Dairy Sci 2004;87(5):1389-1399.
23. San Emeterio F, Reis RB, Campos WE, Satter LD. Effect of coarse or fine grinding on utilization of dry or ensiled corn by lactating dairy cows. J Dairy Sci 2000;83(12):2839-2848.
24. Barros T, Quaassdorff MA, Aguerre MJ, Olmos Colmenero JJ, Bertics SJ, Crump PM, and Wattiaux MA. Effects of dietary crude protein concentration on late-lactation dairy cow performance and indicators of nitrogen utilization. J Dairy Sci 2017;100:5434-5448.
25. Baurhoo A, Mustafa A. Effect of molasses supplementation on performance of lactating cows fed high-alfalfa silage diets. J Dairy Sci 2014;97(2):2072-1076.
26. Tinoco-Magaña JC, Aguilar-Pérez CF, Delgado-Leon R, Magaña-Monforte JG, Ku Vera JC, Herrera-Camacho J. Effects of energy supplementation on productivity of dual-purpose cows grazing in a silvopastoral system in the tropics. Trop Anim Health Prod 2012;44(5):1073-1078. doi:10.1007/s11250-011-0042-8.
27. Peniche-González IN, González-López ZU, Aguilar-Pérez CF, Ku-Vera JC, Ayala-Burgos AJ, Solorio-Sánchez FJ. Milk production and reproduction of dual-purpose cows with a restricted concentrate allowance and access to an association of *Leucaena leucocephala* and *Cynodon nlemfuensis*. J App Anim Res 2014;42(3):345-351.
28. Absalón-Medina VA, Blake RW, Gene Fox D, Juárez-Lagunes EG, Nicholson FC, Canudas-Lara EG, *et al.*, Limitations and potentials of dual-purpose cows herds in central coastal Veracruz, Mexico. Trop Anim Health Prod 2011;44(6): 1131-1142. doi:10.1007/s11250-011-0049-1.
29. Salvador-Loreto I, Arriaga-Jordán CM, Estrada-Flores JG, Vicente-Mainar F, García-Martínez A, Albarrán-Portillo B. Molasses supplementation for dual-purpose cows during the dry season in subtropical Mexico. Trop Anim Health Prod 2016;48(3):643-648. doi:10.1007/s11250-016-1012-y.
30. Jiménez-Ferrer G, Mendoza-Martínez G, Soto-Pinto L, Alayón-Gamboa A. Evaluation of local energy sources in milk production in a tropical silvopastoral system with *Erythrina poeppigiana*. Trop Anim Health Prod 2015;47(5):903-908. doi:10.1007/s11250-015-0806-7.
31. Katongole CB, Kabirizi JM, Nanyeenya WN, Kigongo J, Nviiri G. Milk yields response of cows supplemented with sorghum stover and *Tithonia diversifolia* leaf hay diets during the dry season in northern Uganda. Trop Anim Health Prod 2016;48(7):1463-1469. doi:10.1007/s11250-016-1119-1.

Tables

Table 9. Herbage chemical characteristics (g/kg) and gas production curve parameters.

Experimental week	1	3	5	7	9	11	Mean	SD
DM	701	675	648	623	694	613	651	36.8
CP	50	75	70	53	46	50	58	12.1
NDF	716	704	706	703	738	796	728	36.2
ADF	371	367	360	369	401	424	380	25.0
ADL	14	14	15	17	14	16	15	1.3
DMd	559	580	620	606	555	497	570	43.7
OMd	552	572	612	599	548	490	564	43.5
NDFd	489	501	523	560	526	423	517	46.4
ME (MJ/kg DM)	8.7	9.0	9.6	9.4	8.6	7.7	8.9	0.7
<i>b</i>	200	198	209	213	181	160		
<i>c</i>	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03		
<i>L</i>	2	1	3	2	4	9		
	5.1	5.1	5.3	5.2	5.2	5.2		

b = asymptotic gas production (mL/g DM), *c* = rate of gas production (/h), *L* = initial delay before gas production begins (h), SD = standard deviation.

Table 10. Ingredients and chemical composition of control (CS), ground maize (GMS), and molasses (MOS) supplements (g/kg DM).

	CS	GMS	MOS	SEM
Ingredient composition				
Cracked maize ears	866	696	693	
Soybean meal	111	81	107	
Ground maize		200		
Molasses			177	
Urea	23	23	23	
Chemical composition				
Dry matter	873	870	849	4.1
Crude protein	124	113	119	14.4
NDF	379	218	214	2.7
ADF	55.7	63.0	48.9	0.6
Lignin	11.0	11.5	11.4	8.5
DM Digestibility	903	908	940	5.2
OMd	895	901	933	11.3
NDF Digestibility	792	715	809	3.2
Metabolizable energy (MJ/kg DM)	14.1	14.1	14.6	16.1
Solubles (a)	59.8	46.5	68.1	
Solubles rate (0-1)	0.098	0.128	0.153	
Insoluble (b)	256.8	274.2	255.7	
Insolubles rate (0-1)	0.062	0.067	0.065	
Lag (h)	5.8	5.5	4.2	

Table 11. Least squares means of animal response variables due to control supplement (CS), ground maize supplement (GMS) and, molasses supplement (MOS) on Dual-purpose lactating cows during dry season

	CS	GMS	MOS	SEM
DMI (kg/day)	12.2 ^a	11.1 ^b	11.7 ^{ab}	0.27
Milk (kg/day)	6.2 ^{ab}	5.7 ^a	7.0 ^b	0.31
Fat (g/kg)	33.8	34.6	33.2	2.1
Protein (g/kg)	30.5	30.5	30.6	0.19
Lactose (g/kg)	42.2	43.1	42.7	0.43
MUN (mg/dl)	8.0	7.5	7.5	0.28
Cow weight (kg)	430	406	430	16.9
Cow weight gain (kg/day)	0.283	0.136	0.281	0.13
Body condition score (1-5)	1.5	1.5	1.5	0.03
Calves DWG (kg/d)	0.68	0.71	0.73	0.07

DWG = daily weight gain

^{a,b,c} Means within a row with different superscript are significantly different ($p < 0.01$)

Table 12. Milk and beef production cost due to supplements: control (CS), maize meal (GMS) and molasses (MOS)

	Item				Mean
		CS	GMS	MOS	
Milk production	Total supplement (kg/treatment)	2,730	2,730	2,730	2,730
	Supplement cost (\$/kg DM)	0.24	- 0.25	- 0.27	0.25
	%	0.05	0.01	+0.07	
	Total supplement cost (\$)	655	- 677	660	- 664
	%	0.01	+0.02	0.01	
	Total milk yield (kg/treatment)	3,260	- 3,041	- 3,713	3,338
	%	0.02	0.09	+0.11	
	Milk selling price (\$/kg)	0.39	0.39	0.39	0.39
	Milk sales incomes (\$)	1,269	1,184	- 1,446	1,300
	%	-0.02	0.09	+0.11	
	Milk production cost (\$/kg)	0.20	0.22	0.20	0.21
	%	-0.03	+0.06	-0.03	
	Milk's profit margin (\$/kg)	0.19	0.17	- 0.19	0.18
	%	+0.04	0.07	0.04	
	Total milk's profit margin (\$/treatment)	613	507	- 721	614
	%	0.0	0.17	+0.17	
Total milk's profit margin (\$/cow)	102	85	120	102	
%	0.0	-0.17	+0.17		
Beef production	Supplement (kg/treatment)	601	601	601	601
	Supplement cost (\$/kg)	0.24	0.24	0.24	0.24
	Total supplement cost (\$)	144	144	144	144
	Beef produce (kg/treatment)	371	388	399	386
	%	-0.04	0.0	+0.03	
	Beef selling Price (\$/kg)	3.24	3.24	3.24	3.24
	Beef incomes (\$/treatment)	1,205	1,258	1,293	1,252
	%	-0.04	0.0	+0.03	
	Beef production cost (\$/kg)	0.34	0.34	0.34	0.34
	Beef margin profit (\$/treatment)	1,064	1,118	1,153	1,112
	%	-0.04	+0.01	+0.04	
	Beef margin profit (\$/calf)	177	186	192	185
%	-0.04	+0.01	+0.04		
Total net margin profit (\$) (milk + beef)	1,678	1,625	1,874	1,726	
%	-0.03	-0.06	+0.09		

% = Difference in relation to mean.

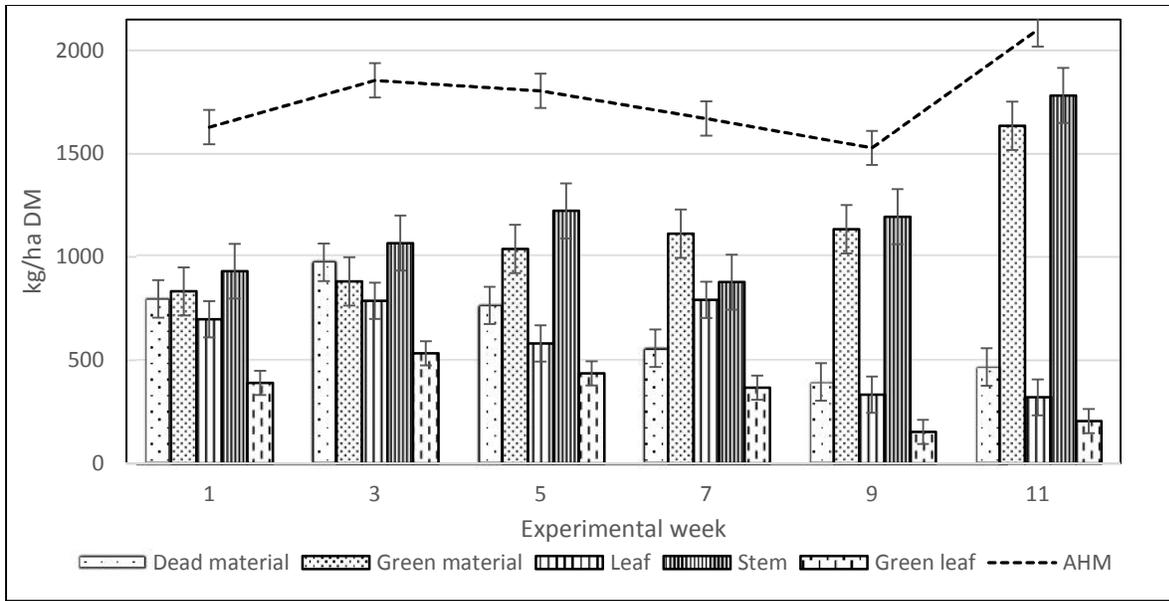


Figure 7. Available herbage mass (AHM) (kg/ha DM), morphological composition (kg/ha DM) throughout experimental weeks.

7.3 Segundo artículo (borrador). Composición botánica y valor nutricional de la dieta de vacas de doble propósito en pastoreo extensivo

Isela Guadalupe Salas-Reyes¹ Carlos Manuel Arriaga-Jordán² Julieta Gertrudis Estrada-Flores² y Benito Albarrán-Portillo^{1*}

¹Centro Universitario UAEM Temascaltepec. ²Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario #100. P. C. 50000. Col. Centro, Toluca, Estado de México. México.

Resumen

El objetivo de este trabajo fue determinar la composición botánica y valor nutritivo de la dieta de vacas lactantes en la región suroeste del Estado de México. El trabajo se realizó en una unidad de producción doble propósito ubicada al sur del Estado de México, México a 19°04'48" Norte y 100°13'18" oeste, a una altitud de 1,470 m. El clima predominante es cálido subhúmedo con humedad moderada, la temperatura media anual es de 23°C y una precipitación de alrededor de 1,115 mm anuales. Se utilizó la técnica de microhistología de heces para determinar la CBD de vacas de DP lactantes, el trabajo se dividió en cuatro estaciones (invierno, primavera, verano y otoño) en un año, a partir de los resultados de la CBD se estimó el valor nutricional de la dieta. Además se determinó la CBA. Las especies encontradas en la CBA agruparon en gramíneas y herbáceas, en las estaciones de invierno y primavera se presenta la mayor cantidad de Gramíneas con respecto a herbáceas, donde *Cynodon plectostachyus* y *Paspalum notatum* representan 53% de la composición botánica del agostadero, mientras que en verano y otoño se incrementa la presencia de herbáceas en el agostadero de 1.5 y 35%, respectivamente; destacando la especie *Aschynomene* sp. Se agruparon las especies vegetales que se encontraron en el análisis microhistológico en gramíneas, arbóreas y herbáceas, durante invierno y primavera el consumo de herbáceas es prácticamente nulo, aumentando su consumo en verano y otoño. En el caso de arbóreas el consumo mayor de este grupo se da en primavera. La especie herbácea de mayor importancia en

cuanto a valor nutritivo es *Aeschynomene sp.*, presente en las estaciones de verano y otoño. La determinación de la composición botánica de la dieta es de suma importancia para establecer estrategias de alimentación que permitan hacer viables a las UP.

Introducción

El pastoreo reduce los altos insumos de mano de obra, equipo y combustibles fósiles asociados a la alimentación en confinamiento con forrajes cosechados y, por lo tanto, puede contribuir significativamente a la sostenibilidad de la unidad de producción y de las comunidades rurales. Los animales en pastoreo tienen diversas opciones como cuando, donde y cuanto forraje consumir, lo cual afecta el estado nutricional del animal y la composición y valor nutritivo de las praderas (Soder *et al.*, 2009). Conocer la composición y calidad de la dieta consumida por los animales, son variables importantes que permiten diseñar sistemas de alimentación más apropiados y un manejo más adecuado de las áreas de pastoreo (Pinto *et al.*, 2014).

Las técnicas de análisis de contenidos estomacales para determinar los hábitos alimenticios de una especie dada, han venido sufriendo modificaciones. Las plantas tienen tejidos que las revisten, este tejido es la epidermis formada por diversos tipos de células con diferentes funciones, parte de la epidermis está compuesta por cutina la cual es indigestible durante el proceso digestivo de los herbívoros (González y Améndola, 2010). Por lo que puede usarse para determinar la composición botánica de la dieta de los animales rumiantes. El método más empleado para el estudio de composición de la dieta es el análisis microhistológico (Olivas *et al.*, 2014).

La técnica microhistológica (Holechek *et al.*, 1982), es una técnica rentable ya que hace uso de heces, las cuales se recomiendan 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 (Olivas *et al.*, 2014). No obstante se ha cuestionado la exactitud de la técnica, puesto que depende de la digestibilidad de las especies vegetales consumidos, lo cual puede llegar a subestimar o sobreestimar algunas especies consumidas (Osbaahr, 1999). Algunos autores han combinado este y otros métodos con la observación directa de los animales en campo y han tenido mejores resultados (Sosa *et al.*, 2000; Catan y Degano,

2007, Osbahr, 1999). Por lo tanto el objetivo de este trabajo fue determinar la composición botánica y valor nutritivo de la dieta de vacas lactantes en la región suroeste del Estado de México.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en una unidad de producción doble propósito que consta de 80 ha con diversidad de vegetación, descrita por Ortiz *et al.*, (2010), ubicada al sur del Estado de México, México a 19°04'48" Norte y 100°13'18" oeste, a una altitud de 1,470 m. El clima predominante es cálido subhúmedo con humedad moderada, la temperatura media anual es de 23°C y una precipitación de alrededor de 1,115 mm anuales.

Para este estudio se utilizaron 15 vacas lactantes de la raza Pardo suizo. Los muestreos se realizaron mensualmente durante las cuatro estaciones del año (2015), las características del sistema de producción fueron descritas por Albarrán-Portillo *et al.*, (2015). Las muestras de heces se obtuvieron mediante muestreo directo vía rectal, para cada uno de los animales, ya en laboratorio se secaron a 60°C hasta peso constante, se molieron y pasaron por criba de 1mm.

Mediante observación directa se tomaron muestras de las especies vegetales consumidas por el ganado, para posteriormente realizar una laminilla de referencia por cada órgano consumido (hoja, tallo, inflorescencia o fruto), para hojas se utilizó la técnica de raspado, mientras que para tallos, inflorescencias y frutos se realizó por molido (Castellaro *et al.*, 2007). Cada muestra se montó en portaobjetos y se identificaron al microscopio (40x) las células epidérmicas, estomas, pelos y tricomas (Johnson *et al.*, 1983; Catan *et al.*, 2007). Por cada estructura identificada se tomó una fotografía con una cámara Motic 3.0.

Para la realización de laminillas temporales, 5 gr de las muestras de heces previamente procesadas, se sometieron a dos lavados, el primero con agua corriente y el segundo con hipoclorito de sodio por 10 a 30 minutos, cuando las muestras se tornaron transparentes se montaron en portaobjetos usando la técnica de González y Améndola (2010). En cada laminilla, sobre los cubreobjetos se marcaron 20 campos circulares.

Cada área circular comprendida en cada observación al microscopio correspondió a un campo, el cual fue denominado microparcela y representó una unidad experimental. Para la cuantificación de los fragmentos vegetales presentes en cada microparcela, se siguió lo propuesto por Holechek *et al.*, (1982).

El valor nutritivo de la dieta se estimó con la relación entre el valor de la composición química de la dieta y la proporción de cada especie vegetal en la dieta de las vacas estimada a partir de microhistología de heces, para el caso de MS, MO (AOAC, 1990), PC (por el método micro Kjelaht; AOAC, 1990), FDN, FAD y LAD (Por el método de Ankom; Van Soest *et al.*, 1991).

Para el caso de la estimación de la digestibilidad *in vitro* de la MS una muestra de la CBD (pool de acuerdo a la proporción de cada especie vegetal en la dieta) se sometió a digestión por la técnica de producción de gas, se determinaron utilizando la técnica de producción de gas *in vitro*. Las fracciones de degradación a, by L del forraje se estimaron de acuerdo con la siguiente ecuación (Mauricio *et al.*, 1999).

$$y = A \{1 - \exp[-b(t-T) - c(t-T)]\}$$

donde: y = producción acumulada de gas (mL), t = es el tiempo de incubación en horas, A = es la asíntota del total de producción de gas (mL / g DM), b = es la constante de gas producido por hora, c = es una constante, y T = es un tiempo de latencia discreto en horas en que los microorganismos colonizan el sustrato y protagonizan la fermentación.

La tasa de fracciones de degradación (μ) se calculó usando la siguiente ecuación (Mauricio *et al.*, 1999):

$$\mu = b + \frac{c}{2(t-T)}$$

La ME de suplementos y pasturas se estimó utilizando los valores de OMD de la producción de gas *in vitro*, usando la siguiente ecuación (AFRC, 1993):

$$ME \text{ (MJ / kg DM)} = (\text{OMd}) (0.0157)$$

donde: ME = energía metabolizable (MJ / kg MS); Digestibilidad OMD de la materia orgánica (g / kg MS).

Determinación de la composición botánica de la pradera

Para la determinación de la composición botánica de la pradera en el estrato herbáceo, se tomaron cuadrantes de 0.25 m² cortando el pasto a ras de suelo y posteriormente se separaron las especies vegetales encontradas, se pesaron por separado para determinar el contenido de DM. Del 100% del contenido de MS de la muestra, se estimó el porcentaje que representó cada especie.

Análisis estadístico

Las variables de respuesta se analizaron mediante un Diseño estadístico completamente al azar con un procedimiento GLM del paquete estadístico SAS.

Modelo estadístico: $y_{ijk} = \mu + i + j + k$; donde: y_{ijk} = ijk observación; μ = media general; i = efecto de la estación; j = efecto del termino del error

Resultados

En la Figura 1 se presenta la temperatura media y precipitación pluvial mensual para el año de estudio, donde se observa la marcada estacionalidad, con un periodo de lluvias que se concentra en solo 6 meses, lo cual marca notablemente la producción de forraje y por lo tanto las características del sistema de alimentación.

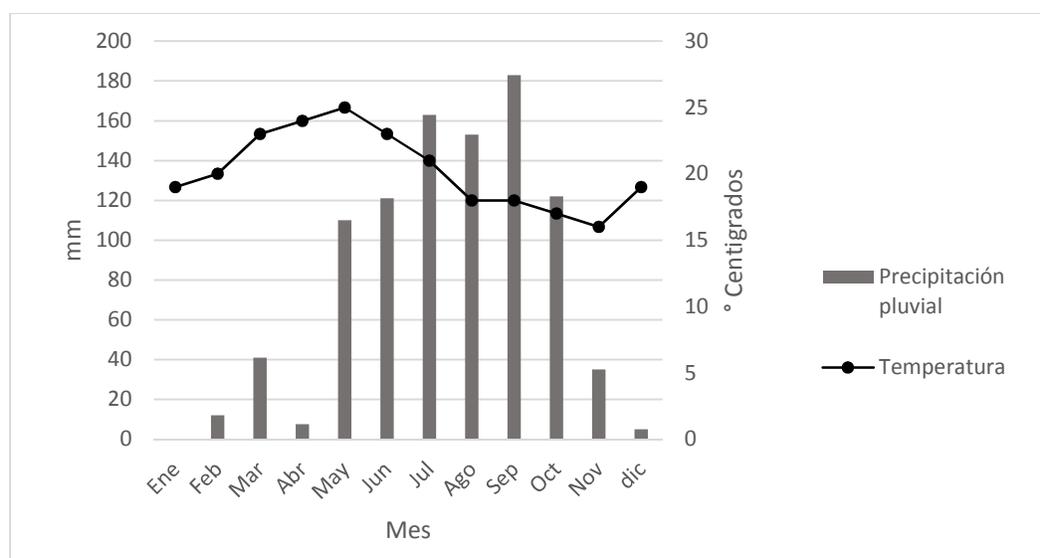


Figura 8. Temperatura y precipitación pluvial del municipio de Zacazonapan, Estado de México, para el año 2015.

Las especies encontradas en la composición botánica del agostadero (CBA) se agruparon en gramíneas (*Cynodon plectostachyus*, *Paspalum notatum*, *Paspalum convexum*, *Zea maiz*, *Brachiaria humidicola* y *andropogon gallanus*) y herbáceas (*Aeschynomene sp.*, *Bidens pilosa*, *Labiada sp.* e *Ipomea tricolor*), y se presentan en la figura 2, donde se observa que en las estaciones de invierno y primavera se presenta la mayor cantidad de Gramíneas con respecto a herbáceas, donde *Cynodon plectostachyus* y *Paspalum notatum* representan 53% de la composición botánica del agostadero, mientras que en verano y otoño se incrementa la presencia de herbáceas en el agostadero de 1.5 y 35%, respectivamente; destacando la especie *Aschynomene sp*; que es una leguminosa con una contenido proteico de 260 g/kg/MS (Cuadro 1). Mientras que las gramíneas disminuyen de 93 a 62%.

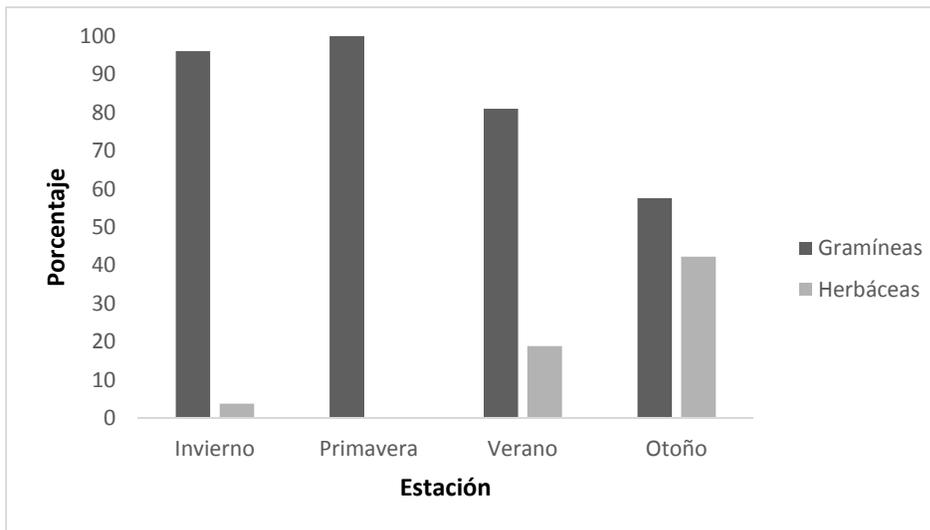


Figura 9. Composición botánica del estrato herbáceo del agostadero

Se agruparon las especies vegetales que se encontraron en el análisis microhistológico en gramíneas, arbóreas y herbáceas (figura 3), de acuerdo a esta clasificación se observó que durante invierno y primavera el consumo de herbáceas es prácticamente nulo, aumentando su consumo en verano y otoño, ocasionado por la presencia de rebrotes debido a la presencia de lluvias. En el caso de arbóreas el consumo mayor de este grupo se da en primavera, donde las condiciones climáticas son más severas (altas temperaturas y poca o nula precipitación), y aunque los bovinos no tienen hábitos de ramonear, bajo estas condiciones sí lo practican.

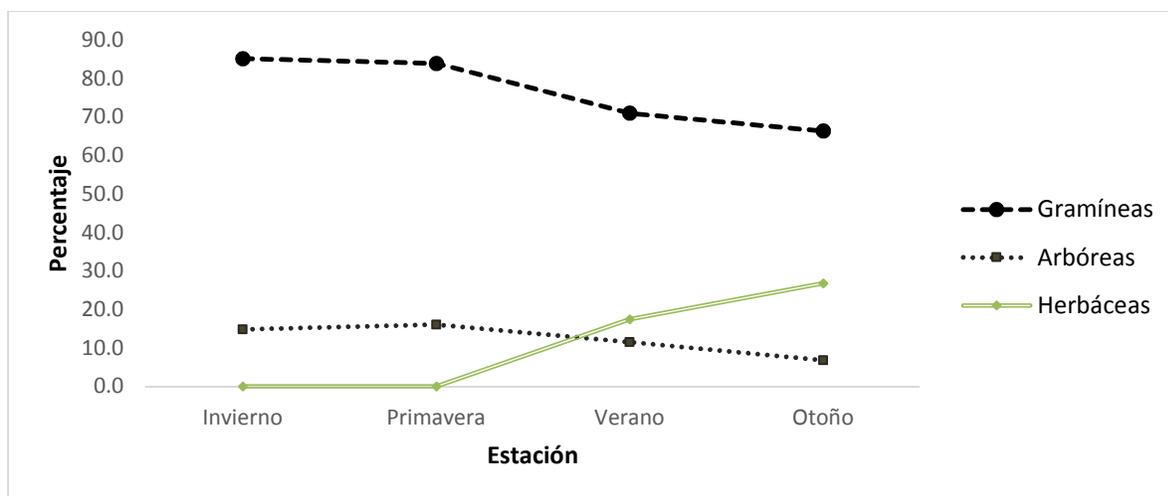


Figura 10. Composición botánica de la dieta de vacas de doble propósito por grupo vegetal

En el cuadro 1 se observan los promedios del valor nutritivo de la dieta de las vacas en estudio para cada estación del año, los resultados muestran diferencias para todas las variables analizadas, mostrando mejores resultados para las estaciones de verano y otoño, esto debido a la presencia de lluvias lo cual genera crecimiento de las plantas.

Cuadro 13. Valor nutritivo promedio de las especies vegetales encontradas en la CBD de vacas doble propósito en pastoreo extensivo

	<i>C. plectostachyus</i>	<i>P. notatum</i>	<i>Zea maiz</i>	<i>P. convexum</i>	<i>A. gallanus</i>	<i>B. humidicola</i>	<i>Aeschynomene sp.</i>	<i>B. pilosa</i>	<i>Labiada sp.</i>	<i>I. tricolor</i>	<i>A. farnesiana</i>	<i>C. alatia</i>	<i>P. dulce</i>	<i>C. pentandra</i>
MS g/kg	600	585	820	640	725	450	530	470	450	450	890	760	460	780
PC g/kg	82	106	90	90	425	86	260	130	120	130	270	240	260	190
FDN g/kg	635	595	660	595	600	650	560	680	660	550	530	560	430	530
FDA g/kg	320	340	360	320	370	350	320	390	320	290	440	370	230	310
LDA g/kg MS	100	90	90	115	80	130	90	120	90	100	120	130	100	90

MS (Materia seca), PC (proteína cruda), FDN (Fibra detergente neutro), FDA (Fibra detergente ácido) y LDA (Lignina detergente ácido)

La especie herbácea de mayor importancia en cuanto a valor nutritivo es *Aeschynomene sp.*, presente en las estaciones de verano y otoño ya que con solo ocupar el 10% de la CBD total (con una presencia de 6.1% en pradera) (Cuadro 2), esta aporta alrededor del 12% del consumo de proteína cruda, solo por debajo de *Cynodon plectostachyus* y *Paspalum notatum* (con 20.3 y 12%, respectivamente).

Cuadro 14. CBA, CBD y aporte de PC a la dieta de vacas doble propósito

		<i>C. plectostachyus</i>	<i>P. notatum</i>	<i>Z. maíz</i>	<i>P. convexum</i>	<i>A. gallanus</i>	<i>B. humidicola</i>	<i>Aeschynomene sp.</i>	<i>B. pilosa</i>	<i>Labiada sp.</i>	<i>I. tricolor</i>	<i>A. farnesiana</i>	<i>C. alata</i>	<i>P. dulce</i>	<i>C. pentandra</i>
Invierno	CBA	25.7	10.1	14.2	7.4	6.1	10.1	5.4	10.1	5.4	5.4				
	CBD	49.2	15.6	2.6	5.1	10.0	2.3	9.9	5.3	0.0	0.0	9.9	2.6	2.3	0.0
	Aporte PC	28.1	12.0	9.7	4.6	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.9	6.7	6.5	0.0
Primavera	CBA	34.8	16.5	14.8	22.6	11.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
	CBD	44.6	12.3	2.5	3.4	17.9	2.0	11.5	5.8	0.0	0.0	11.5	2.5	2.0	0.0
	Aporte PC	27.1	10.1	6.9	3.3	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.7	6.9	6.1	0.0
Verano	CBA	24.3	13.6	10.7	14.2	8.3	10.1	3.0	10.1	3.0	3.0				
	CBD	38.8	12.3	1.9	3.7	8.1	1.9	7.2	2.8	5.3	8.1	7.2	1.9	1.9	0.6
	Aporte PC	24.6	9.9	2.6	2.0	7.7	7.3	9.7	7.8	5.3	4.7	11.2	2.6	2.8	1.9
Otoño	CBA	14.9	10.3	6.0	6.4	5.3	14.6	9.3	14.6	9.3	9.3				
	CBD	39.2	12.5	1.1	3.8	1.7	1.6	2.7	0.7	8.4	12.1	2.7	1.1	1.6	1.4
	Aporte PC	29.4	11.9	1.8	2.5	3.9	4.9	21.5	6.9	4.5	1.2	4.9	1.8	2.8	1.9

CBA (Composición botánica del agostadero); CBD (Composición botánica de la dieta); PC (Proteína cruda)

En el cuadro 15 se observa que en la estación de invierno y primavera que corresponden a la época de estiaje, el contenido de PC de la dieta es en promedio 9.5% aumentando para las estaciones de verano y otoño a 14% esto se debe a la presencia de rebrotes por las lluvias en estos meses (Figura 8). En cuanto a ME observamos que es 7% mayor en época de estiaje que en época de lluvias.

Cuadro15. Valor nutritivo estimado a partir de la composición botánica de la dieta de vacas de doble propósito, para cada estación del año (año 2015)

	MS	MO	PC	FDN	FDA	LDA	DMS	ME
Invierno	73.6 ^a	92.1 ^a	92.6 ^b	63.7 ^a	34.9 ^a	10.5 ^a	552 ^b	8.9 ^{ab}
Primavera	72.1 ^a	92.2 ^a	97.2 ^b	63.0 ^a	35.3 ^a	10.4 ^a	549 ^b	9.4 ^a
Verano	56.9 ^b	91.4 ^{ab}	140.3 ^a	60.0 ^b	33.4 ^b	9.7 ^b	572 ^{ab}	8.8 ^{ab}
Otoño	52.8 ^b	90.9 ^b	140.5 ^a	60.4 ^b	32.8 ^b	9.8 ^b	583 ^a	8.3 ^b
P=	<.0001	0.007	<.0001	0.0005	0.0001	<.0001	0.005	0.05

Literales diferentes en columnas indican diferencias significativas a $P \leq 0.05$. MS. Materia seca, MO. Materia orgánica, PC. Proteína cruda, FDN. Fibra detergente neutro, FDA. Fibra detergente ácido, LDA. Lignina detergente ácido, ME. Energía metabolizable, DMS. Digestibilidad de la materia seca

Conclusiones

Es muy importante tener conocimiento de lo que el animal esta consumiendo en pastoreo para poder desarrollar estrategias de alimentación que complementen el aporte de proteína y energía a partir del pastoreo, para cubrir los requerimientos nutricionales de los animales.

Bibliografía

- AFRC (Agricultural and Food Research Council). 1993. An advisory manual prepared by the AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients. Wallingford: CAB International.
- Albarrán-Portillo B, Rebollar-Rebollar S, García-Martínez A, Rojo-Rubio R, Avilés-Nova F, Arriaga-Jordán, CM (2015) Socioeconomic and productive characterization of dual-purpose farms oriented to milk production in a subtropical region of Mexico. *Tropical Animal Health and Production* 44,519-523. doi:10.1007/s11250-014-0753-8.
- AOAC, Official Methods for Analysis. Association of Official Analytical Chemists 1990, Arlington, VA, USA.
- Castellaro G. Giorgio., Squella N. Fernando, Ullrich R. Tamara, León C Felipe y Raggi S. Alberto. 2007. Algunas técnicas microhistológicas utilizadas en la determinación de la composición botánica de dietas de herbívoros. *Agricultura Técnica (Santiago)* 67(1).
- Catan Alejandra, Degano Claudia Alicia, Werenitzky Daniel. 2007. Evaluación de criterios de lectura microhistológica para la cuantificación de *Sphaeralcea bonariensis* (Cav.), PI Lorentz en mezclas manuales. *Técnica Pecuaria México* 2007, 45(1):77-83.
- González-Embarcadero A. y Améndola-Massiotti R. D. 2010. Técnica microhistológica para la determinación de la composición botánica de la dieta de herbívoros. Universidad Autónoma de Chapingo. México. P. 121.

- Holechek JL, Vavra M., y Pieper R. D. 1982. Botanical composition determination of range herbivore diets: A review. *Journal of Range Management*. 35(3):309-315.
- Johnson Mark K., Wolford Helen, Pearson Henry A. *Microhistological Techniques for Food Habits Analyses*. Research paper SO-1 99. USDA, Forest Service, Southern Forest Experiment Station 1983; New Orleans LA. P. 40.
- Mauricio MR, Mould FL, Dhanoa MS, Owen E, Channa K, Theodorou MK. A semi-automated in vitro gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. *Anim Feed Sci Tech* 1999;79(4):321-330.
- Olivas S. M., Vital G. C., y Flores M. J. 2014. Métodos para determinar la composición botánica de la dieta en venados: comparación de su efectividad y factibilidad. *Revista Bio ciencias*. 2(4):252-260.
- Ortiz Rodea A., García Martínez A., Rojo rubio R. y Albarrán Portillo B. 2010. Efecto de los sistemas de producción bovino de Zacazonapan sobre la diversidad vegetal de las unidades de producción (UP). En: *Los grandes Retos para la ganadería: Hambre, Pobreza y Crisis Ambiental*. Cavallotti V. B., Marcof A. C. F. y Ramírez V. B. Universidad Autónoma de Chapingo. P.105-113.
- Pinto R. R., Ortega R. L., Gómez C. H., Guevara H. F. y Hernández S. D. 2014. Comportamiento animal y características de la dieta de bovinos pastoreando estrella africana sola y asociada con árboles. *Revista Mexicana de ciencias Pecuarias*. 5(3):365-374.
- Soder K. J., Gregorini P., Scaglia G y Rook A. J. 2009. Dietary Selection by Domestic Grazing Ruminants in Temperate Pastures: Current State of Knowledge, Methodologies, and Future Direction. *Rangeland Ecology Manage* 62:389–398.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci* 1991;74(10):3583–97.

VII. **Discusión general**

En los experimentos realizados desde 2010 el nivel de producción de leche se ha mantenido como lo muestran los resultados obtenidos en este trabajo, lo que indica que los suplementos alternos permiten mantener niveles de producción de leche similares a los logrados con suplementación tradicional, pero a un menor costo de operación, el costo de operación para producir un kg de leche con suplemento alternativo en 2015 fue de \$3.90, el cual es más bajo que el costo reportado por LACTODATA (2016) a nivel nacional que fue de \$4.43. Lo cual nos indica que el establecimiento de estrategias de alimentación alternas a las estrategias tradicionales usadas por los productores de UP de DP, permiten que estas sean más flexibles ante cambios en el mercado de insumos externos, como lo menciona Salas *et al.*, (2015).

Además de la disminución del costo de operación para producir un kg de leche, estos sistemas hacen uso de mano de obra familiar (MOF) lo cual representa un costo de oportunidad para este tipo de UP, al respecto, en el análisis de UP en pequeña escala Posadas (2014) afirma que hay un uso intensivo de MOF, lo cual genera un alto valor agregado en los sistemas de producción de pequeña escala y, puede convertirse en un estímulo económico para continuar con la actividad lechera, sobre todo si el productor no tiene otra actividad que le genere ingresos económicos, lo cual es similar a los resultados obtenidos por Salas *et al.*, (2015) para UP de DP. Se puede observar que la alimentación representa el mayor costo (solo por concepto de suplementación), lo que concuerda con lo mencionado por Calderón *et al.*, (2010) y Salas *et al.*, (2015).

La estrategia de suplementación alterna con mejores resultados fue la inclusión de melaza de caña, debido a que esta es una fuente de energía rápidamente disponible a nivel ruminal, ya que mejora la degradabilidad de los suplementos y puede incrementar el consumo de materia seca (efecto aditivo) (Morales *et al.*, 1989; Petty *et al.*, 2012 y Tuyen *et al.*, 2014). Aunque no se encontraron diferencias estadísticas entre suplementos para la respuesta productiva de las vacas en los tres suplementos, si hay una diferencia numérica para el MNG por kg de leche producida a favor del suplemento MOS, lo cual demuestra que la viabilidad económica de UP de DP depende de la

capacidad de producir leche lo más barato posible para poder ser competitivos, como lo menciona Albarrán *et al.*, (2015)

Finalmente la estimación de la composición botánica de la dieta, fue la complementación de este trabajo, y nos muestra la importancia de tener conocimiento de lo que el animal esta consumiendo en pastoreo para poder desarrollar estrategias de alimentación que complementen el aporte de proteína y energía a partir del pastoreo, para cubrir los requerimientos nutricionales de los animales.

VIII. **Conclusión general**

Los suplementos alternos elaborados con recursos producidos en la UP, complementados con cantidades estratégicas de pasta de soya, urea y melaza, permiten que las UP sean competitivas al disminuir el costo de operación para producir un kg de leche, prescindiendo de concentrados comerciales, asegurando la viabilidad y persistencia de UP de DP a largo plazo a pesar de la fluctuaciones del mercado de insumos externos. Por otro lado la estimación de la CBD como complementación al estudio de las estrategias de suplementación nos permite observar un panorama general del sistema de alimentación de las vacas en lactación completo.

IX. **Implicaciones**

El campo de estudio de UP de DP es aún muy amplio, ya que por la naturaleza del sistema de alimentación que se implementa, todavía existen muchas incógnitas que generan muchos temas nuevos de investigación como son:

- Estimar la composición botánica del agostadero en sus tres estratos (arbóreo, arbustivo y herbáceo).
- Determinar la digestibilidad de las especies vegetales consumidas y relacionarla con la frecuencia de partículas encontradas en heces.
- Dar seguimiento a registros reproductivos, para determinar si la suplementación tiene algún efecto sobre los parámetros productivos de los bovinos.
- Determinar en lo individual que especies vegetales tienen mayor impacto en el aporte de energía metabolizable en la dieta total.
- Y desarrollar estrategias de propagación de especies vegetales de importancia forrajera, de acuerdo a los resultados obtenidos.

XI. Bibliografía general

- Absalón-Medina VA, Blake RW, Gene Fox D, Juárez-Lagunes EG, Nicholson FC, Canudas-Lara EG. Limitations and potentials of dual-purpose cows herds in central coastal Veracruz, Mexico. *Trop Anim Health Prod* 2011;44(6): 1131-1142. doi:10.1007/s11250-011-0049-1.
- AFRC (Agricultural and Food Research Council). An advisory manual prepared by the AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients. Wallingford: CAB International. 1993.
- Albarrán-Portillo B, Rebollar-Rebollar S, García-Martínez A, Rojo-Rubio R, Avilés-Nova F, Arriaga-Jordán, CM. (2015). Socioeconomic and productive characterization of dual-purpose farms oriented to milk production in a subtropical region of Mexico. *Trop Anim Health Prod* 2015;44(3):519-523. doi:10.1007/s11250-014-0753-8.
- AOAC, Official Methods for Analysis. Association of Official Analytical Chemists 1990, Arlington, VA, USA.
- Aumont, G.; Caudron, I.; Saminadin, G.; Xande, A. (1995): Sources of variation in nutritive values of tropical forages from the Caribbean. *Animal Feed Science*. 51: 1-13.
- Baker RD. Estimating herbage intake from animal performance. In: Leaver, J.D. (ed) *Herbage Intake Handbook*. Hurley: British Grassland Society.1982: 77-93.
- Barros T, Quaassdorff MA, Aguerre MJ, Olmos Colmenero JJ, Bertics SJ, Crump PM, and Wattiaux MA. Effects of dietary crude protein concentration on late-lactation dairy cow performance and indicators of nitrogen utilization. *J Dairy Sci* 2017;100:5434-5448.
- Baurhoo A, Mustafa A. Effect of molasses supplementation on performance of lactating cows fed high-alfalfa silage diets. *J Dairy Sci* 2014;97(2):2072-1076.
- Calderón Robles René C., Aguilar Barradas Ubaldo y Lagunes Lagunes Juvencio, 2010. Evaluación económica de las unidades de lechería tropical y doble propósito del sitio experimental Las margaritas: costo de producción, margen bruto y punto de equilibrio. Los grandes retos para la ganadería: Hambre, pobreza y crisis ambiental. Cavallotti V. B., Marcof A. C. F. y Ramírez V. B. Universidad Autónoma de Chapingo. pp 283-290.
- Church D. C. 1993. El rumiante fisiología digestiva y nutrición. Ed. ACRIBIA S:A. Zaragoza España. P.p 625
- Church D. C. 2002. Fisiología digestiva y metabólica del rumiante. Ed. ACRIBIA S:A. Zaragoza España. P.p 656
- Devendra, C.; Mc Leroy, G. B. (1982): Producción de cabras y ovejas en los trópicos. *Trop. Agric. Series*, Longman Pp. 271

- El Financiero, 2015. Liconsa dejó de comprar leche a productores de Jalisco. En <http://www.elfinanciero.com.mx/economia/liconsa-dejo-de-comprar-leche-a-productores-de-jalisco.html> (consultada en agosto de 2016)
- Elizondo, J., Boschini, C. (2003): Valoración nutricional de dos variedades de maíz usadas en la producción de forraje para bovinos. *Pastos y Forrajes*, 26: 347-353.
- Esparza Jiménez Sherezada, 2011. Respuesta Productiva y Económica a la Suplementación en Vacas Doble Propósito en Zacazonapan, Estado de México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de México, El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, pp 61.
- Espinoza-Ortega A, Espinosa-Ayala E, Bastida-López J, Castañeda-Martínez T, Arriaga-Jordán CM. Small-Scale dairy farming in the highlands of central Mexico: technical, economic and social aspects and their impact on poverty. *Exp Agr* 2007;43:241-256.
- 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.
- FAO STAT (Food and agriculture organization of the United Nations). 2016. <http://www.fao.org/faostat/en/>. Consultada en septiembre de 2016.
- García H, L.A., 1997. Análisis de la Pequeña Producción Lechera en México a partir de la Renta Ganadera. En: Memorias del "Seminario-Taller Nacional en Sistemas de Producción de leche en Pequeña Escala. Centro de Investigación en Ciencias Agropecuarias., Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia., Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca México. P. 81-82.
- Gehman AM, Bertrand JA, Jenkins TC, Pinkerton BW. The effect of carbohydrate source on nitrogen capture in dairy cows on pasture. *J Dairy Sci* 2006;89(7):2659-2667.
- Granzin BC, Dryden G McL. Monensin supplementation of lactating cows fed tropical grasses and cane molasses or grain. *Anim Feed Sci Tech* 2005;120: 1-16.
- Hernández, S. R.; Jaime, O. P.; Régul, J. G.; Elías, H. (2005): Manejo de pradera asociadas de gramíneas y leguminosas para pastoreo en el trópico. *Revista Electrónica REDVET*. <http://www.Veterinaria.org/revista/redvet/n050505.html>.
- Humphreys, L. S. (1991): Tropical pasture utilization. Cambridge University Press. Breat Britain. Pp 206.
- Hunter RA, Kennedy PM. Effects of increasing rates of molasses supplementation and forages quality on the productivity of steers. *Anim Prod Sci* 2016;56: 871-881. <http://dx.doi.org/10.1071/AN14846>.
- Jiménez-Ferrer G, Mendoza-Martínez G, Soto-Pinto L, Alayón-Gamboa A. Evaluation of local energy sources in milk production in a tropical silvopastoral system with *Erythrina poeppigiana*. *Trop Anim Health Prod* 2015;47(5):903-908. doi:10.1007/s11250-015-0806-7.

- Katongole CB, Kabirizi JM, Nanyeenya WN, Kigongo J, Nviiri G. Milk yields response of cows supplemented with sorghum stover and *Tithonia diversifolia* leaf hay diets during the dry season in northern Uganda. *Trop Anim Health Prod* 2016;48(7):1463-1469. doi:10.1007/s11250-016-1119-1.
- LACTODATA. 2013. Precios de granos e insumos. En <http://lactodata.info/indicadores/cuadros-y-graficos/>. (Consultada en julio de 2016)
- LACTODATA. 2016a. Leche de vaca avance de producción, índices, indicadores En <http://lactodata.info/boletin/produccion-de-leche-de-vaca/> (Consultada en agosto de 2016)
- LACTODATA. 2016b. Leche de vaca. Precios, mercados: noticias, índices, indicadores. En <http://lactodata.info/boletin/precios-de-la-leche-de-vaca-resumen/> (Consultada en agosto de 2016)
- LACTODATA. 2016c. Leche de vaca indicadores: relación precio-costo de la leche. En <http://lactodata.info/boletin/relacion-precio-costo-de-la-leche/> (Consultada en septiembre de 2016)
- LACTODATA. 2017a. Producción de leche de bovino. En <http://lactodata.info/boletin/produccion-de-leche-de-vaca/> (Consultada en febrero de 2017)
- LACTODATA. 2018a. Indicadores de producción de leche de bovino. En <http://lactodata.info/boletin/produccion-de-leche-de-vaca/> (Consultada en Marzo de 2018)
- Law R. A., Young, F. G., Patterson, D. C., Kllpatrick, D. J., Wylly, A. R. G. y Mayne, C. S. (2009). Effect of dietary protein content on animal production and blood metabolites of dairy cows during lactation. *J. Dairy Science*. 92:1001-1012.
- López-González F, Estrada-Flores JG, Avilés-Nova F, Yong-Angel G, Hernández-Morales P, Martínez-Loperena R, *et al.*, Agronomic evaluation and chemical composition of african star grass (*Cynodon plectostachyus*) in the southern region of the state of Mexico. *Trop Subtropical Agroecosys* 2010;12(1):1-9.
- López-González F, Sánchez-Valdés JJ, Castelán-Ortega OA, Albarrán-Portillo B, Estrada-Flores JG. Agronomic and nutritional characteristics of three grass species in the southern region of Mexico. *Indian J Anim Sci* 2015;85(3):271-274.
- Mauricio MR, Mould FL, Dhanoa MS, Owen E, Channa K, Theodorou MK. A semi-automated in vitro gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. *Anim Feed Sci Tech* 1999;79(4):321-330.
- Minson, J. D. (1990): Forage in ruminant nutrition. Academy press, New York. P 483
- Morales JL, Van Horn HH, Moore JE. Dietary interaction of cane molasses with source of roughage: intake and lactation effects. *J Dairy Sci* 1989;72(9): 2331-2338.
- Ortiz Rodea Arturo, García Martínez Anastacio, Rojo Rubio Rolando, Esparza Jiménez Sherezada y Albarrán Portillo Benito, 2010. Sustentabilidad socioeconómica del sistema de producción bovino de Zacazonapan, Estado de México. Los grandes retos para la ganadería: Hambre, pobreza y

- crisis ambiental. Cavallotti V. B., Marcof A. C. F. y Ramírez V. B. Universidad Autónoma de Chapingo. P. 283-290.
- Owens FN, Zinn RA, Kim YK. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. *J Anim Sci* 1986;63(5):1634-1648.doi:10.2527/jas1986.6351634x.
- Peniche-González IN, González-López ZU, Aguilar-Pérez CF, Ku-Vera JC, Ayala-Burgos AJ, Solorio-Sánchez FJ. Milk production and reproduction of dual-purpose cows with a restricted concentrate allowance and access to an association of *Leucaena leucocephala* and *Cynodon nlemfuensis*. *J App Anim Res* 2014;42(3):345-351.
- Petty SR, Poppi DP. The live weight gain response of heifers to supplements of molasses or maize while grazing irrigated *Leucaena leucocephala*/*Digitaria eriantha* pastures in north-west Australia. *Anim Prod Sci* 2012;52: 619-623. <http://dx.doi.org/10.1071/AN11242>.
- Posadas Domínguez Rodolfo R., Arriaga Jordán Carlos M., and Martínez Castañeda Francisco E., 2014. Contribution of labour to the profitability and competitiveness on small-scale dairy production systems in central México. *Tropical Animal Health and Production* 46: 235–240
- Rebollar Samuel., Hernández Martínez Juvencio, González Razo Felipe, Albarrán Portillo Benito, and Rojo Rubio Rolando, 2011. Canales y Márgenes de Comercialización del Queso Añejo en Zacazonapan. *Archivos de Zootecnia* 60: 883–889.
- Rémond D, Cabrera-Estrada JI, Champon M, Chauveau B, Coudure R, Poncet C. Effect of corn particle size on site and extent of starch digestion in lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 2004;87(5):1389-1399.
- Romero, N. R.; Febres, O. A.; González, B. (2004): Efecto de la adición de urea sobre la composición química y la digestibilidad in vitro de la materia seca de heno de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick cosechado a diferentes edades. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 12:52-58.
- SAGARPA. Secretaría de Ganadería, Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2009). Servicios de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). www.siap.sagarpa.gob.mx. Consultada en septiembre de 2009.
- SAGARPA. Secretaría de Ganadería, Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2016). Servicios de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). www.siap.sagarpa.gob.mx. Consultada en septiembre de 2016.
- SAGARPA. Secretaría de Ganadería, Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2018a). Servicios de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/226757/Balanza_semillas_oleaginosas.pdf. Consultada en Marzo de 2018.

- SAGARPA. Secretaria de Ganadería, Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2018b). Servicios de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). <http://www.numerosdelcampo.sagarpa.gob.mx/publicnew/productosAgricolas>. Consultada en Marzo de 2018
- Salas Reyes Isela G., Arriaga Jordán Carlos M., Rebollar Samuel, García Martínez Anastacio y Albarrán Portillo Benito, 2013. Evaluación de la sostenibilidad en UP doble propósito durante la época de lluvias en Zacazonapan, Estado de México. En Seguridad alimentaria y Producción ganadera en unidades campesinas. Cavallotti V. B., Ramírez V. B., Cesín V. A., Rojo M. G. y Marcof A. C. F. Universidad Autónoma de Chapingo. P. 83-91.
- Salas Reyes Isela Guadalupe, 2011. Caracterización de praderas en Zacazonapan, Estado de México. En Tesis de licenciatura. Centro Universitario UAEM Temascaltepec. Universidad Autónoma de Chapingo. Pp. 36.
- Salas Reyes Isela Guadalupe, 2014. Respuesta Productiva y Económica de Tres Niveles de Proteína Cruda en Suplementos Ofrecidos a Vacas Lactantes en un Sistema Doble Propósito en Zacazonapan, Estado de México. Memorias del III Congreso Nacional y II Internacional en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ciencias Agrícolas: Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Fitomejoramiento. Toluca Méx.
- Salas-Reyes IG, Arriaga-Jordán CM, Rebollar-Rebollar S, García-Martínez A, Albarrán-Portillo B. (2015). Assessment of the sustainability of dual-purpose farms by the IDEA method in the subtropical area of central Mexico. *Trop Anim Health Prod* 2015;47(6):1187-1194. DOI 10.1007/s11250-015-0846-z.
- Salvador-Loreto I, Arriaga-Jordán CM, Estrada-Flores JG, Vicente-Mainar F, García-Martínez A, Albarrán-Portillo B. Molasses supplementation for dual-purpose cows during the dry season in subtropical Mexico. *Trop Anim Health Prod* 2016;48(3):643-648. doi:10.1007/s11250-016-1012-y.
- San Emeterio F, Reis RB, Campos WE, Satter LD. Effect of coarse or fine grinding on utilization of dry or ensiled corn by lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 2000;83(12):2839-2848.
- SAS Institute. SAS User's guide. Statistics, Version 9 ed. SAS Inst., Inc., Cary, NC. 2002.
- Tinoco-Magaña JC, Aguilar-Pérez CF, Delgado-Leon R, Magaña-Monforte JG, Ku Vera JC, Herrera-Camacho J. Effects of energy supplementation on productivity of dual-purpose cows grazing in a silvopastoral system in the tropics. *Trop Anim Health Prod* 2012;44(5):1073-1078. doi:10.1007/s11250-011-0042-8.

Tuyen DV, Tolosa XM, Poppi DP, McLennan SR. Effect of varying the proportion of molasses in the diet on intake, digestion and microbial protein production by steers. *Anim Prod Sci* 2014;55:17-26. <http://dx.doi.org/10.1071/AN13225>.

Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci* 1991;74(10):3583–97.

Vélez-Terranova M, Sánchez-Guerrero H, Duran Castro CV. Evaluación de la suplementación energética durante el crecimiento de novillas lecheras de reemplazo utilizando el modelo CNCPS. *Trop Subtropical Agroecosys* 2014;17(1):143-15

XII. Anexos

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

Fecha de lectura _____ Fecha de muestreo _____ Laminilla _____

Campo	Especie 1			Especie 2			Especie 3			Especie 4			Especie 5			Especie 6			Especie 7			Especie 8		
	C. plectostachyus			P. notatum			P. convexum			C. alatia			Z. maiz			P. dulce			A. farnesiana			A. gallanus		
	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																								