



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**EVALUACIÓN DE BALLICO PERENNE (*Lolium perenne*) CV.  
BARGALA Y ALTA FESCUE (*Festuca arundinacea*) CV. K31 EN PRADERAS  
BAJO PASTOREO POR VACAS LECHERAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN  
DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA EN EL NOROESTE DEL ESTADO DE  
MÉXICO**

# **TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**P R E S E N T A N:**  
**MARÍA DE GUADALUPE CANTÚ PATIÑO  
ÓSCAR GAMA GARDUÑO**

**ASESORES:**

**DR. CARLOS MANUEL ARRIAGA JORDÁN**

**DR. FELIPE LÓPEZ GONZÁLEZ**

**DR. FERNANDO PROSPERO BERNAL**

**REVISORES:**

**DR. ROBERTO GARCIA WINDER**

**DR. ERNESTO MORALES ALMARAZ**



**TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO, DE 2019.**

## AGRADECIMIENTOS

Al proyecto de investigación “Evaluación de la sustentabilidad de sistemas de producción de leche en pequeña escala” financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) con clave 129449 CB-2009, por otorgar la beca con la cual se realizó este trabajo de tesis.

A la Universidad Autónoma del Estado de México por admitirnos como parte de su comunidad y permitirnos realizar nuestros estudios de licenciatura.

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por otorgarnos la dicha de aprender paso a paso con la enseñanza de todo el cuerpo académico y por dejarnos aprovechar sus instalaciones para reafirmar el aprendizaje de nuestros estudios de licenciatura.

Al Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) y a todos aquellos que lo conforman y estuvieron involucrados en el proceso de nuestro trabajo de tesis.

Al Dr. Carlos Manuel Arriaga Jordán por otorgarnos la oportunidad de estar en su equipo de investigación, por la gran paciencia que tuvo con nosotros siempre, por su gran apoyo, orientación y en especial por la tolerancia a nosotros y al tiempo que nos demoró entregarle este trabajo de tesis.

Al Dr. Felipe López González por su incondicional apoyo en cada momento de este proyecto, por la asesoría en los análisis estadísticos y en el trabajo de campo y sobre todo por el compañerismo que nos demuestra a cada integrante del equipo de investigación.

Al Dr. Fernando Prospero Bernal por su aportación, por sus observaciones y apoyo en este trabajo.

A nuestros revisores el Dr. Roberto García Winder y Dr. Ernesto Morales Almaraz por las observaciones, aportaciones y correcciones que fueron de mucho valor para este trabajo de tesis.

Al productor Eric Omar Carmona Romualdo, a su familia por su recibimiento y apoyo con el cual fue posible realizar el proyecto de investigación para concluir este trabajo de tesis.

A todos los compañeros de facultad con los cuales coincidimos en el ICAR como integrantes del Equipo de Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala, gracias por su apoyo y tiempo que nos permitieron para realizar actividades indispensables en campo y en laboratorio.

## DEDICATORIAS

A mis hijos, Lauro y Fausto, por quien todo he sido y seré, son mi motivo de cada día, LOS AMO...

A mi mamá Lupita, siempre tu apoyo incondicional, en las buenas y las malas me diste aliento para continuar...

A mis hermanos Julio, Violeta, Pepe †, Aarón, nunca hay que darnos por vencidos, son un ejemplo de superación...

A toda mi familia, gracias por todo...

## DEDICATORIAS

A mis papas Oscar y María, por todo su cariño incondicional, por tantas enseñanzas por ese apoyo y comprensión, que sin importar la situación siempre me han brindado gracias por siempre poder contar con ustedes.

A la Maestra y abuela Lupita (Piti) por siempre demostrarnos tanto cariño y apoyo y procurar siempre por el bienestar de toda su familia; con todo mi cariño, gracias.

A mis hijos ya que son desde el momento que están en mi vida mi aliento más grande.

A mis abuelos Luis, Areopagita, María del Carmen y Delfino gracias por todo su cariño y apoyo.

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el rendimiento y calidad fisicoquímica de la leche de vacas en pastoreo continuo intensivo de *Lolium perenne* cv. Bargala y *Festuca arundinacea* cv. K31, asociadas con *Trifolium repens* cv. Ladino, en el noroeste del estado de México, así como las características fisicoquímicas de las praderas.

El estudio se llevó a cabo con un diseño experimental “Doble Reversible”, utilizando seis vacas de similar etapa de lactación, condición corporal, rendimiento de leche (kg/día) y número de partos. Los tratamientos evaluados fueron: Tx1: Pastoreo durante 8 h/día de Raigrás perenne (*Lolium perenne*) cv. Bargala, y Tx2: Pastoreo durante 8 h/día de Festuca alta cv. K31 (*Festuca arundinacea*), se suplementó a las vacas con 5 kg de Materia Seca (MS) de concentrado comercial (18 % PC) y 5 kg de maíz verde picado (maduro con mazorca).

Los resultados en rendimiento de leche, no existieron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ( $P>0.05$ ), con un rendimiento promedio de 11.81 kg leche/vaca/día  $\pm 2.209$  kg. Los valores correspondientes a la condición corporal y peso vivo fueron similares entre tratamientos; manteniendo un promedio para condición corporal de  $2.25 \pm .433$  y de 504 kg  $\pm 55.6$  kg para peso vivo. El contenido de MS, Proteína Cruda (PC), Fibra Detergente Neutro (FDN) y Fibra Detergente Ácido (FDA); así como la Digestibilidad Enzimática In Vitro de la Materia Orgánica (DIVMO), y la Energía Metabolizable Estimada (eEM) fueron similares entre los tratamientos, no existiendo diferencias estadísticamente significativas ( $P>0.05$ ).

En cuanto a la composición química de la leche, los contenidos de grasa 38.5 g/kg  $\pm .421$  g/kg y proteína en leche 30.4 g/kg  $\pm .1708$  fueron similares entre tratamientos; para la concentración de Nitrógeno Ureico en Leche (NUL), el promedio fue de 11.72 mg/dl . Por lo tanto, se concluye que no existieron diferencias significativas ( $P>0.05$ ), entre las variables de las vacas y la composición química del forraje entre *Lolium perenne* cv. Bargala y *Festuca*

*arundinacea* cv. K31; por lo cual la complementación con 5.0 kg de maíz verde picado/vaca/día no mostró efecto significativo sobre ninguna de las variables evaluadas.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1 Situación de la producción leche a nivel internacional .....	3
2.2 Producción de leche en México .....	3
2.3 Sistemas de producción de leche en México .....	5
2.4 Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala (SPLPE) .....	6
2.5 Estrategias de alimentación de los SPLPE .....	7
2.6 Uso de forrajes de calidad de SPLPE .....	8
2.6.1 Raigrás ( <i>Lolium perenne</i> ) cv. Bargala .....	9
2.6.2 Festuca alta ( <i>Festuca arundinacea</i> ) cv. K31 .....	10
2.6.3 Trébol blanco ( <i>Trifolium repens</i> ) cv. Ladino.....	10
3. JUSTIFICACIÓN.....	12
4. HIPÓTESIS.....	13
5. OBJETIVOS.....	14
6. MATERIAL.....	15
6.1 Biológico .....	15
6.2 No Biológico .....	15
6.3 Material de gabinete.....	16
7. MÉTODO .....	17
7.3 Variables a evaluar de la producción animal.....	19
7.3.1 Rendimiento de leche .....	19
7.3.2 Composición fisicoquímica de la leche .....	19

7.3.3	Peso vivo .....	19
7.3.4	Condición corporal .....	20
7.3.5	Manejo del ganado .....	20
7.4	Variables a evaluar de la pradera .....	20
7.4.1	Altura de la pradera .....	20
7.4.2	Acumulación Neta de Forraje (ANF) .....	21
7.4.3	Composición química del forraje de pradera y aditamentos alimenticios .....	21
8.	LIMITE DE ESPACIO .....	23
9.	LIMITE DE TIEMPO.....	24
10.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
10.1	Producción animal.....	25
10.2	Composición química de la leche.....	26
10.2.1	Grasa de la leche .....	27
10.2.2	Proteína de la leche .....	27
10.2.3	Nitrógeno ureico en leche (NUL) .....	28
10.3	Praderas.....	28
10.3.1	Altura .....	29
10.3.2	Acumulación Neta De Forraje (ANF) .....	29
10.4	Materia Seca .....	29
10.5	Composición química de las praderas.....	30
10.5.1	Materia Orgánica .....	30
10.5.2	Proteína Cruda (PC).....	31
10.5.3	Fibra Detergente Neutro (FDN) Y Fibra Detergente Ácido (FDA) .....	31
10.5.4	Digestibilidad Enzimática <i>In Vitro</i> de la Materia Orgánica (DIVMO) .....	32

10.5.5 Energía Metabolizable Estimada (eEM) .....	32
11. CONCLUSIONES .....	33
12. LITERATURA CITADA .....	34

## 1. INTRODUCCIÓN

Los Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala (SPLPE) aportan el 37 % de la producción de leche a nivel nacional (Hemme *et al.*, 2007), los cuales tienen como características particulares: mano de obra familiar, hatos pequeños con un tamaño variable (de 3 hasta 35 vacas lecheras más sus reemplazos), son dependientes de los cultivos que la propia familia, siembra y de la compra de insumos para la alimentación del ganado. Logran la mayor producción de forrajes y leche en la época de lluvias por las condiciones agroecológicas por lo que son vulnerables en la época de estiaje por la poca disponibilidad de forraje verde. Los altos costos de los insumos externos que se utilizan en la alimentación del ganado en estos sistemas son dinámicos y se adaptan a las nuevas realidades (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007; Fadul-Pacheco *et al.*, 2013). Los SPLPE son considerados como una opción para el desarrollo rural sustentable por las características y capacidad de adaptación a condiciones adversas (Arriaga-Jordán *et al.*, 1997; FAO, 2010) y el manejo de los recursos naturales es una fortaleza para estos sistemas.

En el altiplano central de México, ha habido un cambio de la producción tradicional de granos de maíz, como énfasis del sistema de cultivo a una orientación más especializada hacia la lechería, proporcionando medios de vida e ingresos estables a las familias campesinas, los cuales les permiten superar los índices de pobreza (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007).

Los costos de alimentación son el principal componente económico, llegando a representar hasta un 70 % de los costos totales de producción en los SPLPE (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007). En el contexto económico, la familia es un factor importante, ya que representa el capital humano que mejora la rentabilidad y la competitividad de los SPLPE (Posadas-Domínguez *et al.*, 2014).

Alfonso-Ávila *et al.* (2012) y Martínez-García *et al.* (2015) reportan en la evaluación de las estrategias de alimentación de los sistemas de producción de leche en pequeña escala, una alta dependencia de insumos externos, principalmente en forma de concentrados comerciales, rastrojos de cereales y alfalfas, lo que eleva los costos de producción; aunado a esto Fadul-Pacheco *et al.* (2013), y Prospero-Bernal *et al.* (2013) identificaron en la evaluación de la sustentabilidad de estos sistemas, que el pilar más débil es la escala económica que está dada por una baja especialización en los procesos de producción, y la baja eficiencia económica. Se ha reportado que la integración de sistemas de pastoreo intensivo continuo de praderas tiende a disminuir los costos de alimentación (Arriaga-Jordán *et al.*, 2002; Heredia-Nava *et al.*, 2007; Hernández-Ortega *et al.*, 2011) y aumenta la producción de forrajes de calidad en las unidades de producción (Prospero-Bernal *et al.*, 2017).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del pastoreo continuo intensivo de dos gramíneas, *Lolium perenne* cv. Bargala y *Festuca arundinacea* cv. K31 asociadas con trébol blanco (*Trifolium repens* cv. Ladino) sobre el rendimiento de leche, calidad fisicoquímica de la leche y el efecto en la condición corporal y peso de vacas en los SPLPE; Además de la acumulación neta de forraje (ANF), la caracterización bromatológica y nutricional de las asociaciones de gramínea-leguminosa anteriormente mencionadas, así como del maíz y concentrado comercial utilizados como suplementos en el noroeste del Estado de México

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Situación de la producción leche a nivel internacional

La producción de leche a nivel internacional ha tenido un crecimiento constante, produciendo actualmente 2.09 veces más respecto a la década de los sesenta, lo que representó pasar de 313.63 a 655.96 millones de toneladas (FAOSTAT, 2017), esto con un aumento del 50 % de hato mundial, lo que indica un aumento del 35% en los rendimientos por vaca; Sin embargo, la brecha entre los países que producen leche es muy grande, en países de África se tienen rendimientos de 500 litros por lactación, mientras que en Estados Unidos de Norteamérica se tienen rendimientos superiores a los 10,000 litros por lactación, lo que representa una brecha de oportunidad de aumentar la producción en países en vías de desarrollo (FAOSTAT, 2017).

Alrededor de 150 millones de hogares en todo el mundo se dedican a la producción de leche y esto contribuye en sus modos de vida, la seguridad alimentaria y la nutrición de los hogares. La leche produce ganancias relativamente rápidas para los pequeños productores y es una fuente importante de ingresos económicos. (FAO, 2010).

### 2.2 Producción de leche en México

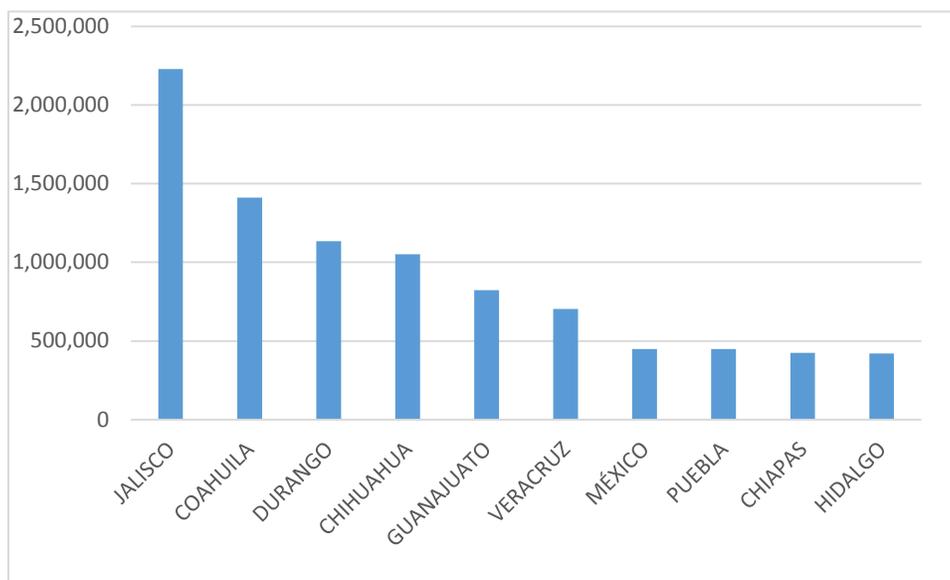
México actualmente se ubica en el puesto número 14 en cuanto a producción de leche a nivel internacional, teniendo rendimientos de 4,580 litros por lactación, lo que representa un aumento del 97 % en el rendimiento por vaca respecto década de los sesenta; además, el hato nacional aumentó 1.43 veces respecto a 1961. Sin embargo, la producción nacional aumento 3.78 veces más, respecto a lo que se producía en 1961 pasando de 2.33 millones de toneladas a 11.13 que se produjeron en el 2014 (FAOSTAT, 2017).

De acuerdo con la Secretaria de Economía, la producción lechera es la tercera actividad más importante del sector agropecuario (SE, 2017).

Al término del cuarto trimestre de 2016, la producción de leche de bovino alcanzó 11 mil 607 millones de litros, es decir, 1.9 % más que en el mismo periodo de 2015 (SIAP-SAGARPA, 2016).

Para este último trimestre del 2016 los estados que incrementaron su producción fueron Jalisco, Guanajuato, Coahuila y Chihuahua, posicionando a Jalisco como primer lugar en producción (SIAP-SAGARPA, 2016).

**Gráfica 1. Estados con mayor producción de leche en México**



Fuente: SIAP-SAGARPA, 2016

El estado de México ocupa la séptima posición en la producción de leche a nivel nacional (Gráfica 1) con cerca de 500,000 toneladas anuales, aportando el 4% de la producción nacional. Se reportó una disminución en su producción del 1.4%, comparada con el mismo periodo del 2015 (SIAP-SAGARPA, 2016).

Los principales municipios productores de leche en el estado de México, de acuerdo a cifras obtenidas de Vocación Productiva de Leche de Bovino en el Estado de México en el 2013, son (Cuadro 1); Zumpango, Texcoco, Tequixquiac, Teoloyucan, Cuautitlán y Aculco; este último con una producción de 17,434.52 miles de litros para ese periodo. (SEDAGRO, 2013).

**Cuadro1. Principales municipios productores de leche en el estado de México**

<b>MUNICIPIO</b>	<b>PRODUCCIÓN (Ton)</b>
Zumpango	32,796.01
Texcoco	21,265.97
Tequixquiac	21,060.14
Teoloyucan	20,999.55
Cuautitlán	19,760.96
Aculco	17,434.52

Fuente: SEDAGRO, 2013

**2.3 Sistemas de producción de leche en México**

Los sistemas de producción de leche están clasificados en tres grandes grupos (Odermatt *et al.*, 1997), los cuales se clasifican conforme al tipo de clima y territorio:

- Lechería intensiva del norte del país: Este sistema tiene su principal zona de producción en la comarca lagunera. En este sistema se ubica el 8% de las cabezas de ganado lechero, las cuales aportan el 30% de la producción nacional y entre el 80% y 90% de la leche pasteurizada que se produce en México. Estas unidades de producción son grandes, especializadas y manejadas con criterios empresariales. Brindan una alimentación con altas cantidades de concentrados comerciales y un elevado uso de insumos externos, dado que en esta zona existe una disponibilidad de forrajes verdes limitada por la falta de lluvias y los periodos prolongados de sequía. Estas fincas tienen altos costos de producción, que se compensan con altas producciones, que representan los más altos rendimientos de leche por cabeza que se dan en el país (Odermatt *et al.*, 1997).

- Lechería en sistemas de producción de leche en pequeña escala (SPLPE): están caracterizados por el papel de la mano de obra familiar que permite la revalorización del capital humano familiar (Posadas-Domínguez *et al.*, 2014); se presenta principalmente en el altiplano central, y tiene como principal productor a la zona de los Altos de Jalisco, aunque también en el estado de México se producen cantidades importantes. Cuenta con hatos que van en un rango de 3 a 35 cabezas en producción (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007; Fadul-Pacheco *et al.*, 2013). Estos sistemas de producción contribuyen con el 37 % de la producción de leche a nivel nacional (Hemme *et al.*, 2007) y cuentan con superficies pequeñas de tierra para cultivar (Espinoza-Ortega *et al.*, 2005). En este tenor los SPLPE son de mucha importancia a nivel local y nacional, porque a pesar de no ser tan llamativo en la generación de riqueza, aportan gran cantidad a la producción nacional de leche y tiene impacto directo en la economía regional y nacional.
- Lechería tropical: este sistema de producción también es conocido como ganadería de doble propósito y se ubica en las zonas costeras del país. El principal estado productor es Veracruz. Este sistema es semi-especializado ya que en los últimos años se llevaron a cabo proyectos donde se realizaba la cruce de las líneas cebú con europeas para mejorar los estándares de producción y así ser un sector muy importante en la producción de leche. Este sistema es el que cuenta con el mayor número de animales en producción (aproximadamente el 65% del total nacional), aunque los índices de producción son los más bajos que se presentan a nivel nacional (Odermatt *et al.*, 1997).

#### **2.4 Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala (SPLPE)**

Según el International Farm Comparison Network (Red internacional de comparación de fincas, IFCN por sus siglas en inglés, 2009), en México el 78% de las unidades especializadas en producción de leche son sistemas en pequeña escala, estos contribuyen con el 37% de la producción de leche a nivel nacional

(Hemme *et al.*, 2007), tienen como características principales: hatos entre 3 y 35 vacas en ordeña más sus reemplazos (Castelán-Ortega *et al.*, 2008; Fadul-Pacheco *et al.*, 2013; García-Muñiz *et al.*, 2007 y Wiggins *et al.*, 2001); la mano de obra es predominantemente familiar, aunque no se descarta que en algunas épocas del año se contrate mano de obra externa, esto se da principalmente en la época de cosechas y siembra de cultivos. Sus principales ingresos se obtienen de la venta de leche y están integrados al mercado como proveedores; cuentan con pequeñas superficies de tierra, la cual es utilizada principalmente para la producción de forraje para el ganado, lo que integra un sistema cultivo-animal. Algunos productores cuentan con ingresos externos a la explotación que son aportados por miembros de la familia que trabajan fuera de la explotación con trabajos de medio tiempo a tiempo completo (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007). Utilizan de forma activa los recursos locales (Arriaga-Jordán *et al.*, 2002).

Los SPLPE se han establecido para constituir una fuente de ingreso para las familias que cuentan con hatos con pequeña cantidad de animales, al depender del aporte de la mano de obra familiar, obteniendo así una disminución importante en cuanto a los costos de producción. Se ha demostrado que los SPLPE son una opción para el desarrollo de las zonas rurales, además de ser una herramienta para aliviar la pobreza por permitir superar los índices de pobreza (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007; FAO, 2010).

## **2.5 Estrategias de alimentación de los SPLPE**

Los SPLPE hacen un uso activo de los recursos naturales que se encuentran en las regiones donde están ubicados (Arriaga-Jordán *et al.*, 2002), sin embargo, se ha identificado en estudios realizados por Fadul-Pacheco *et al.* (2013) y Prospero-Bernal *et al.* (2013), en evaluación de la sustentabilidad, que la escala limitante es la económica, la cual está dada por una alta dependencia de insumos externos y una baja tasa de especialización, lo que es corroborado por estudio de Alfonso-Ávila *et al.* (2012) y Martínez-García *et al.* (2015), que reportan un uso elevado de concentrados comerciales, rastrojos de cereales (maíz, avena, trigo, cebada), uso

de alfalfa acicalada que son comprados, esto hace que los costos de alimentación sean muy elevados por consiguiente tienen una baja rentabilidad, Espinoza-Ortega *et al.* (2007) reportan que los costos de alimentación son los que representan una mayor inversión en los SPLPE, representando del 70 al 90% de los costos totales.

Alfonso-Ávila *et al.* (2012) reportan que los SPLPE en el noroeste del estado de México adquieren más del 50 % de los insumos utilizados en la finca en las estrategias de alimentación en la época de lluvias, lo que tiende a aumentar en la época de secas (Prospero-Bernal *et al.*, 2013), sin embargo estos pueden generar 3.45 salarios mínimos al día en la región de estudio, además, Martínez-García *et al.* (2015) reportan que los estos sistemas de producción no refieren esfuerzos para el uso de forrajes de calidad lo que podría disminuir los costos de alimentación y aumentar la rentabilidad de estas fincas; por ende es necesario en estos sistemas de producción realizar prácticas de manejo enfocadas a la producción y conservación de forrajes de calidad.

## **2.6 Uso de forrajes de calidad de SPLPE**

En estudios realizados en el altiplano central de México se reporta que, la inclusión de forrajes de calidad en las dietas de las vacas productoras de leche permite aumentar la rentabilidad de las unidades de producción (Prospero-Bernal *et al.*, 2017); además en este mismo estudio se reporta que la inclusión de pastoreo continuo intensivo en SPLPE disminuye los costos de alimentación por litro de leche en 27 % respecto al sistema convencional de corte y acarreo.

Estudios realizados en el altiplano central de México por Arriaga-Jordán *et al.* (2002), Heredia-Nava *et al.* (2007), Hernández-Ortega *et al.* (2011) y Pincay-Figueroa *et al.* (2016) documentaron que los sistemas en pastoreo de praderas cultivadas permiten disminuir los costos de alimentación por el aprovechamiento de un forraje de mayor calidad obteniendo menores costos de alimentación y

umentando el rendimiento de leche, por el aumento en la disponibilidad de forraje de calidad a lo largo del año.

En ese tenor, el uso de praderas en pastoreo representa una opción viable a seguirse evaluando en los SPLPE, como una estrategia de alimentación a bajo costo y con producción de forraje de calidad.

En el altiplano central de México, las praderas están compuestas de gramíneas de clima templado, variedades como raigrás perenne (*Lolium perenne*), anual (*Lolium multiflorum*), o híbridos, ya sea en praderas monófitas o mixtas asociadas con trébol blanco (*Trifolium repens*) (Arriaga-Jordán *et al.*, 1999), las cuales tienen contenidos de energía metabolizable (EM) entre los 8 a 12 MJ/kg MS (Materia Seca) (Hodgson, 1994), y valores de PC de raigrás-trébol blanco entre 164 g/kg MS (Albarrán *et al.*, 2012) y 189 g/kg MS (Hernández-Ortega *et al.*, 2011) en el valle de Toluca.

Sin embargo, estas gramíneas tienen la desventaja de ser muy sensibles al estrés hídrico (Jaimez *et al.*, 2013), que se torna una desventaja ante la presencia de lluvias erráticas por el escenario de cambio climático que actualmente se presenta a nivel internacional (IPCC, 2014), en ese sentido es importante evaluar el efecto de otras variedades de gramíneas que puedan resistir estas sequías, tal es el caso de las festucas, que son forrajes desarrollados con una mayor robustez (Marín y Torres, 2017). La asociación de gramíneas y leguminosas en praderas cultivadas ha demostrado ser una opción viable para los SPLPE (Arriaga-Jordán *et al.*, 2002; Heredia-Nava *et al.*, 2007), donde la leguminosa que mejor asociación y adaptabilidad presenta en la región de estudio es el trébol blanco (Arriaga-Jordán *et al.*, 2002).

### **2.6.1 Raigrás (*Lolium perenne*) cv. Bargala**

El *Lolium perenne* cv. Bargala posee muy buena palatabilidad para el ganado bovino y así mismo una buena calidad nutricional siendo ideal en sistemas de producción que cuenten con riego constante ya que es una variedad que no tolera

altas temperaturas, ni tiempos prolongados de sequía. Se puede asociar con otras gramíneas o leguminosas para formar praderas mixtas de alta calidad nutritiva y puede ser destinado para corte o pastoreo (Plata-Reyes 2016).

### **2.6.2 Festuca alta (*Festuca arundinacea*) cv. K31**

La Festuca alta o alta fescue (*Festuca arundinacea*) es una gramínea perenne de clima templado, de 45-180 cm de altura con hojas planas verdosas oscuras y espiguillas alargadas, tiene una fuerte y profunda raíz que permite obtener fácilmente agua del suelo (Marín y Torres, 2017), tiene una buena adaptabilidad a climas fríos, no extremos, haciendo de este un óptimo uso en sistemas ganaderos, ya sea para corte o pastoreo. No es muy palatable para el ganado y puede asociarse con alfalfa o trébol blanco.

Tiene un ciclo de vida elevado, superando los 5 años y una producción cerca de las 10 t MS/ha en una temporada, sus rendimientos se mantienen a lo largo del año (Marín y Torres, 2017).

### **2.6.3 Trébol blanco (*Trifolium repens*) cv. Ladino**

Es una leguminosa dominante en la mayoría de las praderas del altiplano central de México, dado por el crecimiento de los estolones que se desarrollan a lo largo de la superficie del suelo, a partir de la corona de la planta original; y de los nudos que crecen en los estolones, los cuales dan lugar a una mayor cantidad de plantas (Hodgson, 1994).

Es común en las praderas de clima templado; generalmente se cultiva asociada a gramíneas para uso en pastoreo o corte de forraje además de que contribuye a un mayor consumo de la pradera por el animal. Tiene una altura de 10-50 cm con tallos rastrojos y enraizantes, hojas trifoliadas, a menudo con una mancha blanca. Tiene buena palatabilidad y alto contenido proteico, además de que suministra grandes cantidades de nitrógeno ya que es una de las leguminosas de mayor capacidad de fijación simbiótica de nitrógeno lo cual favorece la asociación con forrajes que requieran altas cantidades de nitrógeno disponible en el suelo.

Resiste muy bien el pisoteo, dado que las defoliaciones sólo afectan a las hojas y a los pedúnculos florales, el rebrote es rápido porque no quedan dañados los puntos de crecimiento (FAO, 2013).

### 3. JUSTIFICACIÓN

Los SPLPE contribuyen de forma significativa a la producción nacional, representado el 37 % de la producción, además de ser sistemas que utilizan de manera activa los recursos naturales, sin embargo, estos tienen la mayor erogación de recursos en efectivo en las estrategias de alimentación, lo que llega a representar costos de alimentación entre un 70 a 90 % de los costos totales de producción. Lo que hace necesario implementar estrategias de alimentación a bajo costo que permitan aumentar la rentabilidad.

El uso de praderas inducidas representa una opción para reducir los costos de producción por la disminución en la adquisición de insumos externos, además de permitir la producción de cantidades de leche moderadas por encima de la media de producción de los SPLPE.

#### 4. HIPÓTESIS

No existen diferencias en el rendimiento y calidad fisicoquímica de la leche producida comparando *Lolium perenne* cv. Bargala y *Festuca arundinacea* cv. K31, asociadas con *Trifolium repens* cv. Ladino, en el noroeste del estado de México.

No existen diferencias en el rendimiento de forraje, contenido de MS, materia orgánica (MO), PC, Fibra Detergente Neutro (FDN), Fibra Detergente Ácido (FDA) y digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO) en la comparación de *Lolium perenne* cv. Bargala y *Festuca arundinacea* cv. K31, asociadas con *Trifolium repens* cv. Ladino en el noroeste del estado de México.

## 5. OBJETIVOS

Evaluar el rendimiento y calidad fisicoquímica de leche vacas en pastoreo continuo intensivo de *Lolium perenne* cv. Bargala y *Festuca arundinacea* cv. K31, asociadas con *Trifolium repens* cv. Ladino, en el noroeste del estado de México.

Evaluar altura, ANF total y por día expresada en kg MS/ha; y el contenido de MS, MO, PC, FDN, FDA y DIVMO de *Lolium perenne* cv. Bargala y *Festuca arundinacea* cv. K31, asociadas con *Trifolium repens* cv. Ladino, en el noroeste del estado de México.

## 6. MATERIAL

### 6.1 Biológico

Se seleccionaron 6 vacas en producción de leche, multíparas, en el primer tercio de lactación, de raza Holstein y una cruce Holstein x pardo suizo.

Las praderas evaluadas fueron *Festuca arundinacea* cv. K31 asociada con *Trifolium repens* cv. Ladino establecida en el 2009 con una superficie de 0.83 ha, y *Lolium perenne* cv. Bargala asociada con *Trifolium repens* cv. Ladino con una superficie de 0.83 ha, y con una carga animal de 3 vacas por pradera, 2.29, establecida en el 2015. Ambas praderas fueron fertilizadas con 70 kg de nitrógeno (utilizando una regla de tres) el día 1 de septiembre del año 2016.

### 6.2 No Biológico

Concentrado comercial con 18% de PC.

Báscula Gallagher® con capacidad para 1000 kg.

Material de campo

- Botes 80 ml para muestra diaria de leche
- Hielera
- Báscula de reloj
- Lacti-check®: analizador de muestras lácteas por ultrasonido
- Libreta y bolígrafo
- Bolsas de plástico
- Marcadores permanentes
- Etiquetas
- Tijeras de esquila
- Pastómetro: medidor de plato ascendente para determinar altura de pasto
- Cuadrante de metal de 0.16m<sup>2</sup> (0.40 m x 0.40 m).
- 12 jaulas de exclusión del pastoreo de 0.25 m<sup>2</sup> (0.50 m x 0.50 m)

- Material de protección para el alumno (botas y overol)

#### Material de laboratorio

- Termómetro
- Reactivos varios
- Baño María
- Balanza analítica
- Estufa de aire forzado
- Molino Pulvex 200®
- Bolsas de papel
- Frascos de plástico
- Marcadores permanentes
- Bolsas Ankom®
- Analizador de fibras Ankom 200®
- Incubador Ankom Daisy®
- Mufla
- Material de protección para el alumno: bata blanca, guantes, cubre bocas, lentes de protección, overol

#### 6.3 Material de gabinete

- Libros
- Artículos científicos
- Computadora con Windows® y programas, Microsoft Word® y Microsoft Excel®
- Libretas de campo
- Marcadores permanentes, bolígrafos, lápices y hojas

## 7. MÉTODO

El experimento se llevó a cabo en una unidad de producción de leche en pequeña escala, ubicado al noreste del Estado de Mexico, Municipio de Aculco, bajo el sistema de investigación participativa rural (Conroy 2005).

### 7.1 Tratamientos

Se evaluaron dos tratamientos:

Tx1: Pastoreo continuo intensivo (8 h/día) en pradera de *Lolium perenne* cv. Bargala, asociado con *Trifolium repens* cv. Ladino. Además del pastoreo, se suplementó con 4.6 kg MS de concentrado comercial con 18 % de PC (dividido en dos 2.3 kg por la mañana y 2.3 kg por la tarde), y 1.5 kg MS de maíz picado, distribuido al igual que el concentrado comercial.

Tx2: Pastoreo continuo intensivo en pradera de *Festuca arundinacea* cv. K31, asociada con trébol blanco (*Trifolium repens*) cv. Ladino (8 h/día), adicionando 4.6 kg MS de concentrado comercial con 18 % de PC (dividido en dos 2.3 kg por la mañana y 2.3 kg por la tarde), y 1.5 kg MS de maíz picado, distribuido al igual que el concentrado comercial.

### 7.2 Diseño experimental y análisis estadísticos

El experimento tuvo una duración de 6 semanas divididas en 3 periodos experimentales de 14 días cada uno. Cada periodo experimental se dividió en 10 días de adaptación a la dieta y 4 días de toma de muestras de leche y de pastos.

Se utilizó un diseño experimental doble reversible, donde 3 de las 6 vacas recibieron la secuencia 1 – 2 – 1 y las 3 vacas restantes recibieron la secuencia de tratamientos 2 – 1 – 2, tal como se describe en el Cuadro 2.

Las 6 vacas y las secuencias de los tratamientos fueron asignadas completamente al azar, quedando distribuidas como se muestra a continuación.

**Cuadro 2. Descripción de la secuencia de tratamientos en el experimento**

VACAS	Periodos		
	I	II	III
1 (2717)	Tx1	Tx2	Tx1
2 (4621)	Tx1	Tx2	Tx1
3 (4622)	Tx1	Tx2	Tx1
4 (1344)	Tx2	Tx1	Tx2
5 (S/N)	Tx2	Tx1	Tx2
6 (1659)	Tx2	Tx1	Tx2

Tx1= *Lolium perenne* cv. Bargala Tx2= *Festuca arundinacea* cv. K31

El modelo matemático fue:

$$Y_{ijkh} = \mu + s_i + c_{j(i)} + t_k + p_h + e_{ijkl}$$

Donde:

- $\mu$ = media general
- $s_i$ = Efecto debido a la secuencia,  $i = 1, 2$
- $c_{j(i)}$ = Efecto debido a la vaca dentro de la secuencia
- $t_k$ = Efecto debido al efecto del tratamiento,  $k = 1, 2, 3$ .
- $p_h$ = Efecto debido al periodo,  $h = 1, 2, 3$ .
- $e_{ijkl}$ = Error experimental

### 7.3 Variables a evaluar de la producción animal

**Cuadro 3. Características generales de las vacas**

# VACA	PV			CC
	I	II	III	
2717	417.25	422	438.5	2
1344	582.75	567	577	2.5
S/A	503.75	480	500.75	3
4621	473.25	477.5	473.5	2
4622	461	522.75	483.75	2
1659	582.5	523	590.5	2

#### 7.3.1 Rendimiento de leche

El rendimiento de leche fue obtenido mediante la medición de los últimos 4 días de cada periodo experimental en los ordeños de la mañana y por la tarde utilizando una báscula de reloj con capacidad de 20 kg.

#### 7.3.2 Composición fisicoquímica de la leche

Se recolectaron alrededor de 80 ml de muestra de leche por medio de ordeño manual, los cuales fueron analizados en la unidad de producción después de cada ordeña, utilizando el Lacticheck® para determinar su composición en cuanto a grasa y proteína. El NUL se determinó de acuerdo a los procedimientos mencionados por Celis-Alvarez *et al.* (2016).

#### 7.3.3 Peso vivo

Para la obtención del peso vivo (kg); las vacas se pesaron al inicio del experimento. También se registró el peso al principio y al final de cada periodo experimental de cada una de las vacas utilizadas; para esto se utilizó una báscula electrónica portátil de barras con capacidad para 1000 kg.

### **7.3.4 Condición corporal**

La estimación de la condición corporal (CC) en vacas lecheras es un indicador de la cantidad de reservas energéticas almacenada. Se necesita evaluarlo periódicamente para permitir a los productores saber la producción de leche, y la eficiencia reproductiva de la vaca.

La correcta estimación de las reservas corporales debe hacerse a través de la medición de la condición corporal, visualmente y por palpación utilizando una escala de 1 a 5 (1 = flaca, 5 = gorda). Su determinación es particularmente importante en momentos claves como el secado, el ingreso al preparto, el parto y el pico de producción (momento clave de la producción más alta de leche de la vaca). El peso vivo no es un buen indicador de las reservas corporales ya que vacas de un mismo peso, pero de diferente conformación, pueden presentar diferentes niveles de grasa (Wattiaux, 2002b).

### **7.3.5 Manejo del ganado**

Se llevaron a cabo dos ordeños por día; 7:00 y 17:00 h adicionando por ordeña 2.5 kg de MS de concentrado comercial, y 2.5 kg MF de maíz verde picado. Después del primer ordeño se dividieron en dos grupos de acuerdo al Cuadro 2 con un tiempo de pastoreo continuo intensivo de 8 h/día. El abasteciendo agua fue a libre acceso.

## **7.4 Variables a evaluar de la pradera**

### **7.4.1 Altura de la pradera**

Para medir la altura de las praderas, se registró el valor con un pastómetro al día 14 de cada periodo, (Hodgson 1994). Esto consistió en colocar el plato en la zona a ubicar de crecimiento del pasto y la varilla realizó la medición del forraje en cm. Esto se realizó 20 veces (mediciones) con un patrón de zigzag cada 20 pasos para poder considerar toda la pradera.

#### **7.4.2 Acumulación Neta de Forraje (ANF)**

Se ocuparon 6 jaulas de exclusión del pastoreo de 0.25 m<sup>2</sup> (0.50 m x 0.50 m) y 80 cm de alto por cada pradera, colocadas al azar, pero etiquetadas para su posible identificación. Se utilizó un cuadrante metálico de 0.16 m<sup>2</sup> (0.40 m x 0.40 m) para realizar los cortes. El primer corte correspondiente al día 0 se realizó a un lado de la jaula de exclusión, y el segundo corte correspondiente al día 14 se realizó dentro de la jaula con el mismo cuadrante. El pasto fue cortado a ras del suelo, con tijeras para esquila. La diferencia entre el peso del forraje del día 0 y el día 14 corresponde a la ANF (kg MS/Ha)

Para cada periodo se realizó el mismo procedimiento.

#### **7.4.3 Composición química del forraje de pradera y aditamentos alimenticios**

Los análisis bromatológicos de las muestras de forraje se realizaron en el laboratorio del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) de la UAEM, siguiendo las técnicas ya establecidas en el ICAR.

Se realizó la técnica de pastoreo simulado con la mano para poder obtener muestras de forraje verde y así recolectar las muestras aleatoriamente en toda la pradera, esto se realizó en el último día de cada periodo sobre las dos praderas trabajadas.

Estos fueron los índices que se calcularon en cada una de las muestras:

- Materia Seca (MS): manteniéndolas a 65°C durante 48 horas en una estufa de aire forzado.
- Proteína Cruda (PC): se determinó mediante el método de Kjeldahl.
- Fibra Detergente Neutro (FDN): mediante el método de micro bolsas.
- Fibra Detergente Ácido (FDA): mediante el método de micro bolsas.
- Materia Orgánica (MO): se determinaron mediante su incineración a 550 ° C en mufla.
- Digestibilidad *in vitro* de la MO (g/kg MO): por el método de Ankom Daisy.

Las cenizas o compuestos inorgánicos se determinaron al colocar la muestra en una mufla a temperatura de 550°C durante 3 h (esto se realizó para la terminación de cada periodo), (Wattiaux, 2002).

La técnica también se realizó para obtener los parámetros para el concentrado comercial y el maíz picado.

- Estimación de energía metabolizable:

$$eEM \text{ (MJ/kg DM)} = k * \text{OMD (g/kg OM)}$$

Dónde:

eEM= estimación de Energía Metabolizable

$$k=0.01557$$

OMD= Digestibilidad de la materia orgánica calculada a partir de:  $\text{IVOMD} * (1000 - \text{cenizas}) / 1000$ , donde IVOMD (g/kg OM) = digestibilidad de la materia orgánica *in vitro*.

## 8. LIMITE DE ESPACIO

La unidad de producción de leche en pequeña escala en la cual se realizó el trabajo experimental se encuentra ubicada en el noreste del estado de México, perteneciendo al municipio de Aculco de Espinoza; en el Ejido San Lucas, tercer cuartel.

Aculco de Espinoza colinda al Norte con el Municipio de Polotitlán y el Estado de Querétaro, al Sur con los Municipios de Acambay y Timilpan, al Este con el Municipio de Jilotepec y al Oeste igualmente con el Estado de Querétaro (Figura 1).

Este Municipio cuenta con una población total de 38 827 habitantes (Fuente del INEGI), así también con una superficie de 465.7 km<sup>2</sup> y una altitud de 2 450 metros sobre el nivel del mar. Geográficamente, el Municipio de Aculco de Espinoza se encuentra entre los paralelos 20° 06´ de latitud Norte y los 99°50´ de longitud Oeste del meridiano de Greenwich.



Figura 1. Ubicación del municipio de Aculco de Espinoza

Los análisis de laboratorio se llevaron a cabo en el Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), perteneciente a la Universidad Autónoma del Estado de México, está ubicado dentro del Campus Universitario “El Cerrillo”.

## 9. LIMITE DE TIEMPO

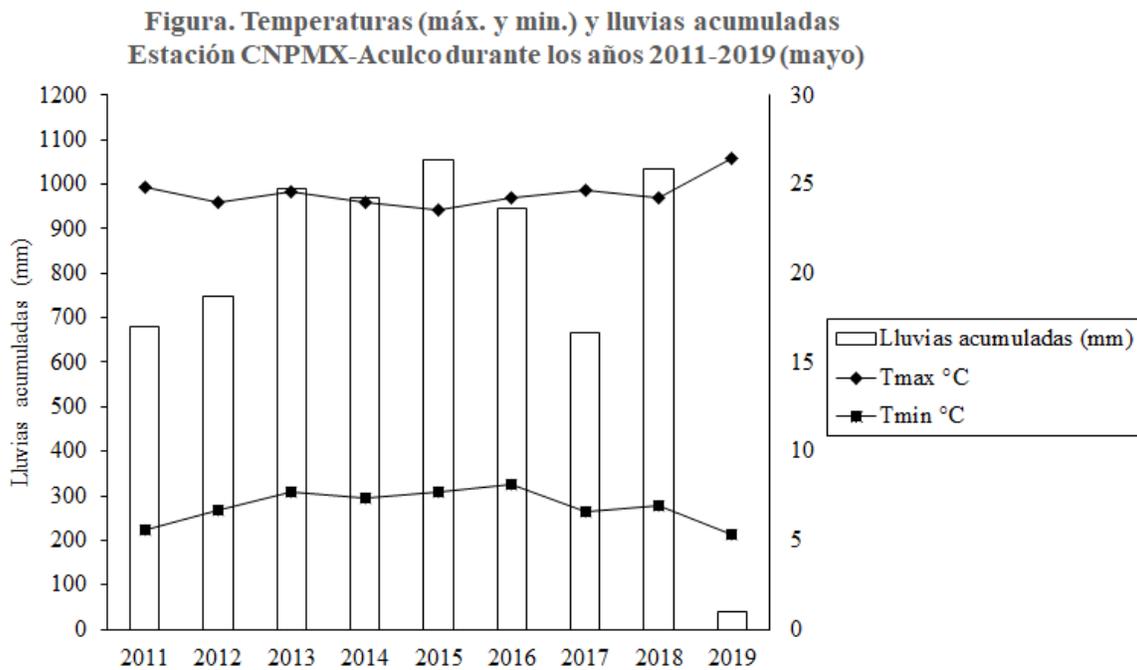
El experimento tuvo una duración de 6 semanas, divididas en 3 periodos de 14 días cada uno. En los últimos cuatro días de cada periodo se realizaron la toma de muestras y medición de variables en el ganado y las praderas.

**Cuadro 4. Relación de tiempo de los experimentos**

<i>Periodo</i>	<i>Fecha</i>
I	29 de Septiembre al 2 de Octubre del 2016
II	13 de Octubre al 16 de Octubre del 2016
III	27 de Octubre al 30 de Octubre del 2016

## 10. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Grafica 2. Temperaturas y lluvias de Aculco en el periodo 2011-2019.



Lluvias acumuladas y temperaturas (°C) máximas y durante los años 2011-2019 (Mayo).

#### 10.1 Producción animal

En cuanto a las variables de producción animal se obtuvo un rendimiento de leche (RL) de  $11.81 \pm 0.11$  kg/vaca/día, un peso vivo (PV) de  $504.25 \pm 0.55$  kg y una condición corporal (CC) de  $2.25 \pm 0.08$ ; no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ( $P > 0.05$ ) tal como se muestra en el Cuadro 4. Estos resultados son menores a los descritos por Marín y Torres (2017) quienes obtuvieron valores promedio de 14.76 kg/vaca/día, 533.35 kg y

2.00 para PL, PV y CC, respectivamente; aunque se sabe que esta última variable depende mucho de la persona que la valora cuando se determina visualmente.

**Cuadro 5. Variables de producción animal**

	Tratamiento		Promedio	EEM	Significancia
	Tx1	Tx2			
<b>RL(kg/vaca/día)</b>	11.70	11.92	11.81	0.812	NS
<b>PV(kg/vaca)</b>	504.80	503.70	504.25	0.768	NS
<b>CC(1-5)</b>	2.33	2.17	2.25	0.129	NS

RL= Rendimiento de leche; PV= Peso Vivo; CC= Condición Corporal; Tx1= *Lolium perenne* cv. Bargala Tx2= *Festuca arundinacea*; EEM= Error estándar de la media NS= No significativo ( $P>0.05$ ).

La condición de las vacas durante el experimento se mantuvo similar desde el inicio hasta el final con un puntaje promedio de 2 considerado que es superior a lo descrito por Hernández-Ortega *et al.* (2011) en una escala del 1 a 5.

### 10.2 Composición química de la leche

El Cuadro 6 muestra los valores para la composición química (grasa en leche, proteína en leche y nitrógeno ureico en leche (NUL), de la leche entre los tratamientos evaluados.

**Cuadro 6. Variables de composición química de la leche**

Concepto	Tratamiento		Promedio	EEM	Significancia
	Tx1	Tx2			

<b>Grasa (g/kg)</b>	39.72	37.39	38.55	0.198	NS
<b>Proteína (g/kg)</b>	30.70	30.26	30.48	0.091	NS
<b>NUL (mg/dl)</b>	11.55	11.9	11.72	N/A	N/A

Tx1= *Lolium perenne* cv. Bargala Tx2= *Festuca arundinacea* cv. K31  
 NUL=nitrógeno ureico en leche; EEM= Error estándar de la media, NS= No significativo ( $P>0.05$ ).

### 10.2.1 Grasa de la leche

Se puede apreciar que los valores resultaron similares entre los tratamientos evaluados ( $P>0.05$ ). El contenido de grasa promedio obtenido fue de 38.5 g/kg de leche. De acuerdo con la norma COFOCALEC NMX-F700-2004, para una leche Clase A, los valores para grasa tienen que ser iguales o superiores a 32 g/kg, por lo que los valores encontrados en este experimento para este parámetro son buenos. Resultados similares a los reportados por autores como Macoon *et al.* (2011) y Bernal-Martínez *et al.* (2007) quienes reportan contenidos de grasa de 31.5 g/kg y 32.6 g/kg respectivamente.

### 10.2.2 Proteína de la leche

Para la variable de proteína en leche no se encontraron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) entre tratamientos. Se obtuvo el promedio del contenido de proteína que fue de 30.4 g/kg de leche. De acuerdo con la norma COFOCALEC NMX-F700-2004, para una leche Clase A, los valores para proteína tienen que ser iguales o superiores a 31 g/kg, respectivamente, por lo que la leche de este estudio no cumple esta condición; pero sí para incorporarse a una leche Clase B, donde los valores de proteína tienen que ser iguales o superiores a 30 g/kg hasta 30.9 g/kg. Ruiz-Albarrán *et al.* (2012) reporta contenidos de proteína en leche de 30.1, los cuales son similares a los encontrados en este trabajo.

### 10.2.3 Nitrógeno ureico en leche (NUL)

De acuerdo con Cerón-Muñoz *et al.* (2014), el NUL, puede variar de acuerdo a factores como: clima, época, raza, tiempo de lactancia, pero mayormente por la alimentación, y este indica un exceso o deficiencia de nitrógeno en la dieta. Los puntajes de NUL obtenidos del estudio realizado dieron una media de 11.72 mg/dl, por lo que indicaría un buen uso del nitrógeno. Otros autores como Bryant *et al.* (2013) reportan contenidos de 11.28 g/dL de nitrógeno ureico en leche, cantidades similares a las encontradas en este trabajo

### 10.3 Praderas

En el Cuadro 7 se pueden observar los valores para altura (cm) y ANF (kg MS/ha), con dos variedades de gramíneas, Raigrás perenne cv. Bargala y Festuca alta cv. K31.

Los resultados de ANF se muestran en el cuadro 7; en el cual se observa una mayor cantidad de ANF en el periodo I, para ambos tratamientos (1737.02 kg MS/h para raigrás y 1420.71 kg MS/ha para Festuca), comparados con los resultados en los demás periodos, misma tendencia se observa en la ANF/día.

**Cuadro 7. Variables de las praderas**

Variable	Variedad	Periodos			Media
		I	II	III	
<b>Altura (cm)</b>	Raigrás	10.05	6.87	4.37	7.10
	Festuca	8.40	5.79	4.64	6.28
<b>ANF(kg MS/ha/periodo)</b>	Raigrás	1737.02	329.20	394.37	820.19
	Festuca	1420.71	419.79	288.64	709.71
<b>ANF(kg MS/ha/día)</b>	Raigrás	124.09	23.51	28.16	58.58
	Festuca	101.48	29.98	20.61	50.69

PI= Periodo I (29 de septiembre al 2 de octubre); PII= Periodo II (13 de octubre al 16 de octubre); PIII= Periodo III (27 de octubre al 30 de octubre); ANF= Acumulación neta de forraje.

### 10.3.1 **Altura**

Como se puede observar en el Cuadro 6, la altura fue disminuyendo conforme avanzaron los periodos experimentales, esto tanto para la pradera de Raigrás, como de Festuca; de acuerdo con Hodgson, (1994) la altura es un indicador de la MS que se encuentra disponible en la pradera; y esto concuerda para este trabajo ya que, a excepción del Periodo II en la pradera de Raigrás, la altura del forraje va de la mano con la ANF.

### 10.3.2 **Acumulación Neta De Forraje (ANF)**

El promedio de ANF que hubo en cada periodo fue de 820.19 kg MS/ha para Raigrás; para Festuca fue de 709.71 kg MS/ha. El forraje que se acumuló en promedio por día fue de 59.58kg MS/ha, para Raigrás y de 50.69 kg MS/ha para Festuca. También se tomó en consideración que la carga animal fue mayor que la media estándar para el consumo a libre acceso, y que también se dió una suplementación de 5.0 kg MF de concentrado comercial/vaca/día.

### 10.4 **Materia Seca**

El resultado de contenido de MS en promedio de las dos praderas (Raigrás perenne cv. Bargala y Festuca alta cv. K31), indica que, durante los tres periodos del experimento, la media fue de 300 g/kg de MS para Raigrás y de 280 g/kg de MS para Festuca. Estos valores son altos en comparación con los trabajos de Rosas (2016) (197 g/kg para raigrás y 185 g/kg para festulolium, que es un pasto híbrido con las características de raigrás y festuca), Plata-Reyes *et al.* (2018) (212 g/kg para Festuca y 185 g/kg para raigrás) y Anaya-Ortega *et al.* (2009) (278 g/kg

en forraje de raigrás); que se han realizado en estos mismos sistemas y evaluando pastos de clima templado. Estos valores son altos de acuerdo con Bargo (2002), quien marca pautas de 180 a 240 g/kg como contenido de MS para praderas de clima templado; entre otras cosas estos altos valores reportados se pueden deber al estado fenológico de las praderas, aunado a la época del año y hasta el manejo que se les da a las muestras.

### 10.5 Composición química de las praderas

En el Cuadro 8 se muestran los resultados de la composición química de las praderas de Raigrás perenne cv. Bargala y la Festuca alta cv. K31.

**Cuadro 8. Composición química de las praderas**

Variable	Raigrás	Festuca	Maíz picado	EEMPM	EEMPm
PC (g/kg)	222.0	133.8	86	62	23 <sup>NS</sup>
FDN (g/kg)	500.6	557.40	505	40	24 <sup>NS</sup>
FDA (g/kg)	255.4	283.7	231	19	6 <sup>NS</sup>
Cenizas (g/kg)	121.6	102.4	-	13	2 <sup>NS</sup>
MO (gr/Kg)	878.3	897.5	927	13	2 <sup>NS</sup>
DIVMO(g/kg MO)	788.9	760.1	708	20	7 <sup>NS</sup>
EM(MJ/kg MS)	11.7	11.3	10.5	0.28	0.10 <sup>NS</sup>

MO= Materia orgánica; PC= Proteína Cruda; FDN= Fibra Detergente Neutro; FDA= Fibra Detergente Ácido; DIVMO= Digestibilidad *in vitro* de la MS; EM= Energía metabolizable; EEMPM= Error estándar de la media para parcela mayor; EEMPm= Error estándar de la media para parcela menor; NS= No significativo (P>0.05).

#### 10.5.1 Materia Orgánica

El promedio en el contenido de MO fue de 878 g/kg MS para Raigrás, y de 897 g/kg de MS para Festuca. No existieron diferencias significativas entre Raigrás y Festuca (P>0.05); los resultados tienen similitud con los expuestos por Marín y

Torres ( 2017 ) registrando 873.67 g/kg MS e iguales con los de Plata *et al* (2016) los cuales presentaron un resultado de 880 g/kg MS.

### 10.5.2 Proteína Cruda (PC)

Los valores que se presentan están dentro de los límites señalados, y son entonces, praderas de buena calidad. El valor promedio del tratamiento de Raigrás tuvo 89 g de PC más que el tratamiento de Festuca, aunque de acuerdo con el análisis estadístico, no existieron diferencias estadísticamente significativas ( $P>0.05$ ). El valor en el contenido de PC depende de la fertilización que se brinde a la pradera tanto como la etapa fenológica al momento de la evaluación; de acuerdo con Rosas (2016) se pueden obtener valores desde 64 g/kg MS de PC en forrajes maduros, y hasta 227 g/kg MS de PC, en forrajes tiernos. Esto nos indica que el estado de madurez de la pradera de Festuca fue mayor al de la pradera de Raigrás, hecho que concuerda resultando en una mayor DIVMO para la pradera de Raigrás.

### 10.5.3 Fibra Detergente Neutro (FDN) Y Fibra Detergente Ácido (FDA)

No hubo diferencias significativas para estas variables en ambas praderas ( $P>0.05$ ).

Se obtuvo un promedio de 500 g/kg MS para Raigrás de FDN; el promedio para Festuca fue de 557 g/kg MS. Estos resultados son ligeramente mayores a los obtenidos por Marín y Torres (2017), quienes obtuvieron valores de 492 y 528 g/kg MS, para Raigrás y Festuca respectivamente. De acuerdo con Di Marco (2011), este es un contenido de FDN alto, ya que se recomiendan valores iguales o inferiores a 500 g/kg MS para forrajes con una calidad alta. Como menciona Rosas (2016), el contenido de fibra de los forrajes tiene influencia sobre el consumo de los mismos, es decir, mientras más fibra contenga el forraje, menor será su consumo y esto a su vez traerá consecuencias negativas en la producción; Giraldo *et al.*, (2007) hace mención de que la calidad nutritiva de los forrajes se

puede determinar, entre otras cosas, por el nivel de consumo que los animales tengan sobre ellos.

En cuanto al contenido de FDA, para Raigrás fue de 255 g/kg MS y de 283 g/kg MS para Festuca. En este caso Marín y Torres (2017), obtuvieron valores inferiores a los reportados en este trabajo (242 y 228 g/kg MS para Raigrás y Festuca, respectivamente).

#### 10.5.4 Digestibilidad Enzimática *In Vitro* de la Materia Orgánica (DIVMO)

El promedio de DIVMO para Raigrás fue de 788 g/kg MS, 28 g más que para Festuca, para quien se obtuvo un valor de 760 g/kg MS. Cabe mencionar que, a pesar de esto, no existieron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ) entre ambos forrajes. Los valores de digestibilidad se consideran buenos de acuerdo a Di Marco (2011), quien define a un forraje de calidad alta cuando su digestibilidad del mismo se encuentra por arriba de 700 g/kg MS.

#### 10.5.5 Energía Metabolizable Estimada (eEM)

El promedio de energía metabolizable que se estimó fue de 11.7 MJ/kg MS para Raigrás, lo cual para Festuca fue de 11.3 MJ/kg MS. Raigrás fue mayor, pero para ambos no existió una diferencia significativa ( $P > 0.05$ ). Arriaga *et al.* (1999) recomiendan una energía metabolizable de 10 a 12 MJ/kg MS en praderas de Raigrás para vacas en lactación. Los resultados son similares a los publicados por Marín y Torres (2017), quienes obtuvieron valores de 12 y 11 MJ/kg MS para Raigrás y Festuca, respectivamente. Por su parte Rosas (2016), obtuvo valores de 11 MJ/kg MS para pastos de Raigrás.

## 11. CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos se concluye que:

Las praderas cultivadas con gramíneas como Raigrás perenne y Festuca alta, son alternativas de calidad para ganado lechero en pastoreo con una producción moderada de leche. Y con un buen uso de los recursos naturales de pequeñas unidades de producción en pequeña escala del municipio de Aculco, estado de México.

La complementación con la planta completa de maíz verde picado y concentrado comercial, se considera buena mancuerna para la alimentación diaria de las vacas sin afectar su rendimiento.

El pastoreo intensivo de estas gramíneas no resultó en un nivel de producción más alto. Sin embargo, demostró tener otros valores que aportaron para las vacas como su digestibilidad.

Para sistemas de producción con bajos recursos la alimentación *ad libitum* de este tipo de gramíneas son buena fuente de alimentación, ya que resisten cambios climáticos como la lluvia y temperatura.

Por lo cual; la hipótesis planteada es aprobada ya que no existen diferencias significativas ( $P > 0.05$ ), en composición de la leche, rendimiento, condición corporal, peso vivo de vacas con pastoreo continuo de praderas cultivadas con Raigrás perenne (*Lolium perenne*) cv. Bargala y Alta fescue (*Festuca arundinacea*) cv. K31.

## 12. LITERATURA CITADA

Albarrán B, García A, Espinoza A, Espinosa E, Arriaga CM. (2012): Maize silage in the dry season for grazing dairy cows in small-scale production systems in Mexico's Highlands. *Indian J. Anim. Res.* 46:317-324.

Alfonso-Ávila AR, Wattiaux MA, Espinoza-Ortega A, Sánchez-Vera E, Arriaga-Jordán CM. (2012): Local feeding strategies and milk composition in small-scale dairy production systems during the rainy season in the highlands of Mexico, *Trop. Anim. Health Prod*, 44: 637–644.

Anaya-Ortega JP, Garduño-Castro Y, Espinoza-Ortega A, Rojo-Rubio R, Arriaga-Jordán CM. (2009): Silage from maize (*Zea mays*), annual ryegrass (*Lolium multiflorum*) or their mixture in the dry season feeding of grazing dairy cows in small-scale dairy production systems in the Highlands of Mexico. *Trop. Anim. Health Prod*, 41: 607-16.

Arriaga CM, Albarrán B, Espinoza A, García A y Castelán OA. (2002): On-farm comparison of feeding strategies based on forages for small-scale dairy production systems in the highlands of Central Mexico. *Exp. Agric.*, 38: 375-388.

Arriaga-Jordán CM, Flores-Gallegos FJ, Peña-Carmona G, Albarrán-Portillo B, García-Martínez A, Espinoza-Ortega A, González-Esquivel CE, Castelán-Ortega OA. (2002): Participatory on-farm evaluation of the response to concentrate supplementation by cows in early lactation in smallholder peasant (campesino) dairy production systems in the highlands of central Mexico. *The J. of Agri. Sci*, 137(01):97-103.

AOAC International. (2007): *Official Methods of analysis*, Gaithersburg, MD.

Bargo F. (2002): Suplementación en pastoreo: conclusiones sobre las últimas experiencias en el mundo. Ponencia presentada en la 2ª Jornada Abierta de

- Lechería: “Alimentación y tipo de vaca en sistemas de base pastoril”, Cátedra de Producción Lechera, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Disponible en: <https://www.agro.uba.ar/sites/default/files/catedras/bargo.pdf>. (marzo de 2019).
- Bernal-Martínez LR., Rojas-Garduño MA., Vázquez-Fontes C., Espinoza-Ortega A., Estrada-Flores J. y Castelán-Ortega OA. (2007): Determinación de la calidad fisicoquímica de la leche cruda producida en sistemas campesinos en dos regiones del Estado de México. *Vet. Méx*, 38(4):395-407.
- Bryant RH., Dalley DE., Gibbs J. and Edwards GR. (2013): Effect of grazing management on herbage protein concentration, milk production and nitrogen excretion of dairy cows in mid-lactation. *Grass Forage Sci*, 69(4):644-654.
- Castelán-Ortega O, Estrada-Flores J, Espinoza-Ortega A, Sánchez-Vera E, Ambriz-Vilchiz V, Hernández-Ortega M. (2008): Strategies for the management of agroecosystem resources in Template Zones of Mexico: The case of campesino milk farmers in the central highlands. En: Castelán-Ortega O., Bernúes-Jal A., Ruiz-Santos R. y Mould F. L. in *Opportunities and Challenges for Smallholder Ruminant systems in Latin America*. 133-160. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México.
- Cervantes F, Santoyo V, Álvarez A. (2001): *Lechería familiar: factores de éxito para el negocio*. México, D.F.: Plaza y Valdés Editores.
- Cerón-Muñoz MF, Henao-Velásquez AF, Múnera-Bedoya ÓD, Herrera-Ríos AC, Díaz-Giraldo A, Parra-Moreno AM y Tamayo-Patiño CH (2014): *Concentración de nitrógeno ureico en leche - Interpretación y aplicación práctica*. 1ª Ed. Medellín, Colombia. ISBN: 978-958-8848-89-1.

- Di Marco O. (2011): Estimación de calidad de los forrajes, 20(240)-1, Facultad de Ciencias Agrarias, Argentina.
- Espinoza-Ortega A, Álvarez-Macías A, Del Valle MC, Chavete M. (2005): La economía de los sistemas campesinos de producción de leche en el Estado de México. *Tec. Pecu*, 43(1):36-56.
- Espinoza-Ortega, A, Espinosa-Ayala E, Bastida-López J, Castañeda-Martínez T, Arriaga-Jordán CM. (2007): Small-scale dairy farming in the highlands of Central Mexico: technical, economic and social aspects and their impact on poverty. *Exp. Agric*, 43:241-256.
- Fadul-Pacheco L, Wattiaux MA, Espinoza-Ortega A, Sánchez-Vera E, Arriaga-Jordán CM. (2013). Evaluation of sustainability of small-scale dairy production systems in the highlands of Mexico during the rainy season. *Agroecol. Sustain. Food Syst*, 37: 882-901.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations (2010): Status and prospects for smallholder milk production a global perspective, (FAO, Rome, Italy).
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations (2013): Organic supply chains for small farmer income generation in developing countries – Case studies in India, Thailand, Brazil. Hungary and Africa, Rome.
- FAOSTAT (2017): Dates about Livestock Primary. Statistics Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations, online: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>, (30 de Julio de 2017).
- García-Muñiz J. G., Mariscal-Aguayo V. D., Caldera-Navarrete N. A., Ramirez-Valverde R., Estrella-Quintero H. y Núñez-Domínguez R. (2007): Variable relacionadas con la producción de leche de ganado Holstein en

agroempresas familiares con diferente nivel tecnológico. *Interciencia* 32(012):841-843.

Giraldo LA, Gutiérrez LA, y Rúa C. (2007): Comparación de dos técnicas in vitro e in situ para estimar la digestibilidad verdadera en varios forrajes tropicales, *Rev. Colomb Cienc. Pecu*, 20(3):269-279.

Grigera J., Bargo F. (2005): Evaluación del estado corporal en vacas lecheras. Disponible en: [http://www.produccionanimal.com.ar/informacion\\_tecnica/cria\\_condicion\\_corporal/45-cc\\_lecheras.pdf](http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/cria_condicion_corporal/45-cc_lecheras.pdf) (Acceso 5 de junio 2017).

Hemme T, and Dairy Researchers.(2012): A summary of results from the IFCN Dairy Report 2012, International Farm Comparison Network, IFCN Dairy Research Center, Kiel, Germany.

Heredia-Nava D, Espinoza-Ortega A, González-Esquivel CE, Arriaga-Jordán CM. (2007): Feeding strategies for small-scale dairy systems based on perennial (*Lolium perenne*) or annual (*Lolium multiflorum*) ryegrass in the central highlands of Mexico. *Trop. Anim. Health Prod*, 39:179-188.

Hernández-Ortega M, Heredia-Nava D, Espinoza-Ortega A. Sánchez-Vera E, Arriaga-Jordán CM. (2011): Effect of silage from ryegrass intercropped with Winter or common vetch for grazing dairy cows in small-scale dairy systems in Mexico. *Trop. Anim. Health Prod*, 43: 947-954.

Hodgson, J. (1994): Manejo de pastos, teoría y práctica. Diana, México. Pág. 225 - 232.

IFCN (2009): IFCN Dairy Report 2009: For a better understanding of milk production world-wide (International Farm Comparison Network, IFCN). Dairy Research Center, Kiel, Germany.

IPCC (2014): Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU), In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Eds (Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Jaimez A, Heredia D, Nava, Estrada J, Mainar F, Martínez A, Arriaga C. (2013): Estrategias de alimentación basadas en ensilado de maíz para sistemas de producción de leche en pequeña escala ante escenarios de baja disponibilidad de agua de riego. 14º Congreso Nacional de investigación Socioeconómica Ambiental de la Producción Pecuaria. 549-556. Universidad Autónoma de Querétaro, México.

Macon B, Sollenberger LE, Staples CR, Portier KM, Fike JH, Moprell JE. (2011). Grazing management and supplementation effects on forage and dairy cow performance on cool-season pastures in the southeastern United States. J. Dairy Sci. 94:3949–3959.

Marín M y Torres E. (2017): “Evaluación de heno de triticale (x triticosecale wittmack) como complemento para vacas lecheras bajo pastoreo de praderas de ryegrass (*Lolium perenne* cv. Bargala) o Festuca alta (*Festuca arundinacea*) en Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala en el noroeste del Estado de México”. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México.

Martínez-García CG, Rayas-Amor AA, Anaya-Ortega JP, Martínez-Castañeda FE, Espinoza-Ortega A, Prospero-Bernal F, Arriaga-Jordán CM. (2015): Performance of small-scale dairy farms in the highlands of central Mexico

- during the dry season under traditional feeding strategies, *Trop. Anim. Health Prod*, 47: 331-337.
- Muñoz M, Pius O, Altamirano RJ. (1995): Retos y Oportunidades del sistema de Leche ante la Apertura Comercial. Reporte de investigación No. 29. CIESTAAM. Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco, México.
- Odermatt P, Santiago CMJ. (1997): Ventajas Comparativas en la Producción de Leche en México. *Agroalimentaria*. N° 5. (Diciembre 1997): 35-44.
- Pica-Ciamarra U. and Otte J. (2008): Livestock as a pathway out of poverty in Latin America: A policy perspective. In: O.A. Castelán-Ortega, A. Bernués-Jal, R. Ruiz-Santos and F. Mould (eds), Opportunities and challenges for smallholder ruminant systems in Latin America, (Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Mexico), 437–476.
- Pincay-Figueroa PF, López-González F, Velarde-Guillén J, Heredia-Nava D, Martínez-Castañeda FE, Vicente F, Martínez-Fernández A, Arriaga-Jordán, CM. (2016): Cut and carry vs. grazing of cultivated pastures in small-scale dairy systems in the central highlands of Mexico, *J. Agric. and Envir. Inter. Dev*, 110:349 –363.
- Plata-Reyes D.A. (2016): “Evaluación de praderas cultivadas con dos variedades de gramíneas (*Bromus catharticus* cv Matua, *Lolium perenne* cv Bargala) y su asociación en pastoreo de vacas lecheras en el noroeste del Estado de México”. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México.
- Plata-Reyes DA, Morales-Almaraz E, Martínez-García CG, Flores-Calvete G, López-González F, Prospero-Bernal F, Valdez-Ruiz CL, Zamora-Juárez YG, Arriaga-Jordán CM. (2018): Milk production and fatty acid profile of dairy cows grazing four grass species pastures during the rainy season in small-

- scale dairy Systems in the highlands of Mexico. *Trop. Anim. Health Prod*, doi: 10.1007/s11250-018-1621-8.
- Posadas-Domínguez RR, Arriaga-Jordán CM, Martínez-Castañeda FE. (2014): Contribution of labor to the profitability and competitiveness on small-scale dairy production systems in central México. *Trop. Anim. Health Prod*, 46, 235–240.
- Prospero-Bernal F, Albarrán-Portillo B, Espinoza-Ortega A, Arriaga-Jordán CM. (2013): Assessment Sustainability during Dry Season in Small-Scale Dairy Production Systems from Central Mexico. In: Leopoldo Olea Márquez de Prado, Ma. José Poblaciones Suárez-Bárcena, Sara M. Rodrigo y Óscar Santamaría. (Eds.) *Los pastos: nuevos retos, nuevas oportunidades*, (*Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, Badajoz) 561-568.
- Prospero-Bernal F, Martínez-García CM, Olea-Pérez R, López-González F, Arriaga-Jordán CM. (2017): Intensive grazing and maize silage to enhance the sustainability of small-scale dairy systems in the highlands of Mexico. *Trop. Anim. Health Prod*, 49: (7). 1537-1544. DOI: 10.1007/s11250-017-1360-2.
- Rosas M. (2016): Evaluación comparativa de tres variedades de gramíneas de clima templado (ballico perenne cv. Payday y cv. Bargala vs festulolium cv spring green) para el pastoreo de vacas lecheras en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el noroeste del Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México.
- Ruiz-Albarra M, Oscar AB, Mirela N, Fernando W, Rubén GP. (2012): Effect of increasing pasture allowance and grass silage on animal performance, grazing behaviour and rumen fermentation parameters of dairy cows in early lactation during autumn. *Livest. Sci*, 150:407–413.

SE (Secretaría de Economía), (2012): ANALISIS DEL SECTOR LACTEO EN MEXICO

[http://www.economia.gob.mx/files/comunidad\\_negocios/industria\\_comercio/informacionSectorial/analisis\\_sector\\_lacteo.pdf](http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/analisis_sector_lacteo.pdf). (Acceso 15 de Marzo del 2017).

SEDAGRO (2013): Producción Pecuaria por Especie en el Estado de México 2013; Vocación Productiva de Leche de Bovino en el Estado de México. Disponible en: [http://sedagro.edomex.gob.mx/sites/sedagro.edomex.gob.mx/files/files/Leche%20de%20Bovino%20\(163\)\(1\).pdf](http://sedagro.edomex.gob.mx/sites/sedagro.edomex.gob.mx/files/files/Leche%20de%20Bovino%20(163)(1).pdf) (Acceso 31 de Julio del 2017).

SIAP – Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera, 2016. Leche bovino: Comparativo el avance acumulado de la producción pecuaria Información al Diciembre del 2013 y 2014. [http://infosiap.siap.gob.mx/repo/Avance\\_siap\\_gb/pecCompaEspProd.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/repo/Avance_siap_gb/pecCompaEspProd.jsp). Accessed 7 julio de 2017.

Wattiaux MA (2002): Composición y análisis de alimentos. En Instituto Babcock para la investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera. Universidad de Wisconsin-Madison. Disponible en <http://babcock.wisc.edu/es/node/143> (14 de septiembre de 2016).

Wattiaux MA. (2002b): Grados de condición corporal. . En Instituto Babcock para la investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera. Universidad de Wisconsin-Madison. Disponible en <http://babcock.wisc.edu/es/node/171> (14 de septiembre 2017).

Wiggins S, Tzintzun R, Ramírez G, Ramírez V, Ortiz O, Piña C, Aguilar B, Espinoza-Ortega A, Pedraza F, Rivera H, Arriaga-Jordán CM. (2001): Costos y retornos de la producción de leche en pequeña escala, en la zona central de México. La lechería como empresa. Cuadernos de Investigación. Cuarta época-19. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México.

