



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

**“EVALUACIÓN DE TRES VARIEDADES DE GRAMÍNEAS  
PARA PASTOREO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE  
LECHE EN PEQUEÑA ESCALA EN EL NOROESTE DEL  
ESTADO DE MÉXICO”**

# **TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
MEDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

PRESENTA:

**AIDA GÓMEZ MIRANDA**

**ASESORES:**

DR. EN C. CARLOS MANUEL ARRIAGA JORDÁN  
DR. EN C. FELIPE LÓPEZ GONZÁLEZ  
DR. EN C. ERNESTO MORALES ALMARAZ

**Revisores:**

DR. EN C JUAN EDREI SÁNCHEZ TORRES  
M. EN C. LUIS ROBERTO GARCÍA WINDER



Toluca México, Junio de 2016.

## **RESUMEN**

Los cambios importantes en el mercado de la leche, asociados a los episodios de crisis económicas han transformado las estrategias de alimentación para reducir costos, así como la integración en la cadena de valor de los pequeños productores. El objetivo de este trabajo fue el evaluar el rendimiento productivo de vacas lecheras bajo pastoreo intensivo como una alternativa para la utilización en sistemas de producción de leche en pequeña escala, utilizando tres variedades de gramíneas (*Festulolium Spring Green*, *Bromo catártico cv Matua* y *ballico perenne cv Pay Day*).

Se realizó un experimento con tres vacas bajo un arreglo de cuadro latino 3x3, con periodos experimentales de 14 días cada uno, los tratamientos evaluados fueron: PD= Pastoreo en pradera de *Lolium perenne cv Pay Day*, FSG= Pastoreo en pradera *Festulolium cv Spring Green* y BM= Pastoreo en pradera de *Bromus catharticus cv Matua* (BM), en todos los tratamientos las vacas fueron suplementadas con 5 kg de concentrado comercial. Las variables evaluadas en las praderas fueron acumulación neta de forraje (ANF), altura de la pradera, además de los análisis fisicoquímicos del forraje. En la respuesta productiva se evaluó el rendimiento de leche, el peso vivo de las vacas y la condición corporal.

Los resultados obtenidos La ANF promedio de las praderas fue de 343.9kg MS/ha, con una ANF por día de 24.56 kg/MS, con una composición química (PC, MO, FND, FAD) similar a lo reportado por la literatura para las variedades estudiadas, con una baja digestibilidad, pero un contenido energético aceptable.

Las variables medidas (grasa, proteína y lactosa) para la composición química de la leche no representaron diferencias estadísticamente significativas ( $P>0.05$ ), los valores de Nitrógeno Ureico en Leche (NUL) reportados estuvieron dentro de los niveles óptimos de nitrógeno en leche (rango de 12-15mg/dL).

Los resultados obtenidos para los parámetros productivos en cuanto a rendimiento de leche fue una diferencia ( $P < 0.05$ ), para BM con un 9% menor rendimiento en comparación con PD Y FSG. Sin encontrar diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en el Peso Vivo y Condición Corporal.

**PALABRAS CLAVE:** Rendimientos de leche, *Festulolium* Spring Green, Bromo catártico cv Matua, *Lolium perenne* cv Pay Day, pastoreo continuo, calidad nutricional del forraje.

## CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>iii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>iv</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>2</b>
<b>2.1. Producción de leche .....</b>	<b>2</b>
<b>2.2. Producción de leche en México .....</b>	<b>2</b>
<b>2.3. Alimentación del ganado lechero .....</b>	<b>3</b>
<b>2.4 Pastos forrajeros .....</b>	<b>4</b>
2.4.1. Gramíneas.....	5
2.4.1.1. Ballico perenne ( <i>Lolium perenne</i> ) .....	5
2.4.1.1.1 <i>Cultivar Pay Day</i> .....	5
2.4.1.2. Festulolium.....	5
2.4.1.2.1. <i>Cultivar Spring Green</i> .....	6
2.4.1.3. Bromo catártico ( <i>Bromus catharticus</i> ) cv Matua .....	6
2.4.2. Leguminosas forrajeras .....	7
2.4.2.1. Trébol blanco ( <i>Trifolium repens</i> ) .....	7
<b>2.5. Sistemas de pastoreo .....</b>	<b>7</b>
2.5.1. Pastoreo Continuo.....	7
2.5.2. Pastoreo Alternado.....	8
2.5.3. Pastoreo Rotacional .....	8
2.5.3.1. Pastoreo Rotacional intensivo.....	8
<b>2.6. Evaluación de praderas .....</b>	<b>9</b>
2.6.1. Altura de la pradera .....	9

2.6.2. Acumulación Neta de Forraje .....	9
2.6.3. Materia Seca .....	10
2.6.4. Contenido de fibra .....	10
Fibra Neutro Detergente .....	11
Fibra Ácido Detergente .....	11
2.6.5 Proteína.....	11
2.6.5. Digestibilidad .....	11
<b>2.7 Composición química de la leche .....</b>	<b>12</b>
2.7.1. Grasa.....	12
2.7.2. Proteína.....	12
2.7.3. Nitrógeno Ureico en Leche (NUL) .....	13
<b>IV. HIPÓTESIS .....</b>	<b>15</b>
<b>V. OBJETIVOS.....</b>	<b>16</b>
<b>5.1. OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>16</b>
<b>5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>16</b>
<b>VI. MATERIALES .....</b>	<b>17</b>
<b>6.1. Material biológico .....</b>	<b>17</b>
6.1.1. Animales experimentales .....	17
6.1.2. Praderas.....	17
<b>6.2. MATERIALES DE CAMPO .....</b>	<b>17</b>
<b>VII. MÉTODOS .....</b>	<b>19</b>
<b>7.1. Alimentación .....</b>	<b>20</b>
<b>7.2. Tratamientos .....</b>	<b>21</b>
<b>7.3. Altura de la pradera.....</b>	<b>21</b>
<b>7.4. Acumulación neta de forraje y análisis bromatológicos .....</b>	<b>21</b>
<b>7.6. Rendimiento de leche .....</b>	<b>23</b>

<b>7.7. Composición química de la leche .....</b>	<b>23</b>
<b>7.8. Condición corporal.....</b>	<b>23</b>
<b>7.9. Peso vivo.....</b>	<b>24</b>
<b>7.10. Análisis estadístico .....</b>	<b>24</b>
<b>VIII. LÍMITE DE ESPACIO.....</b>	<b>26</b>
<b>IX. LÍMITE DE TIEMPO .....</b>	<b>27</b>
<b>X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>28</b>
<b>10.1. PRODUCCIÓN.....</b>	<b>28</b>
10.1.1. Rendimiento de leche.....	28
10.1.2. Peso Vivo y Condición Corporal.....	28
<b>10.2. Composición química de la leche .....</b>	<b>29</b>
10.2.3. Grasa.....	29
10.2.4. Proteína.....	30
10.2.5. Lactosa.....	30
10.2.6. Nitrógeno ureico en leche (NUL) .....	31
<b>10.3 Evaluación de las praderas .....</b>	<b>31</b>
10.3.1. Acumulación neta de Forraje y Altura de la pradera.....	31
<b>10.4 Calidad nutricional del forraje .....</b>	<b>32</b>
10.5. Digestibilidad y Energía Metabolizable.....	34
<b>10.6 CONCENTRADO .....</b>	<b>35</b>
<b>XI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>36</b>
<b>XIII. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>37</b>

## **I. INTRODUCCIÓN**

La utilización de praderas de ballicos asociados con trébol blanco bajo riego en sistemas de pastoreo continuo intensivo en sistemas de producción de leche en pequeña escala ha demostrado ser una opción viable para reducir costos de alimentación, aumentar la rentabilidad de estos sistemas y por lo tanto incrementar la escala económica de la sostenibilidad (Pincay-Figueroa et al., 2013). Sin embargo, los escenarios futuros ante el cambio climático pronostican una disminución en la disponibilidad de agua tanto en lluvias menores y erráticas como en menor disponibilidad para irrigación, y una mayor frecuencia de temperaturas extremas. Los ballicos son sensibles al déficit hídrico y reducen su crecimiento a temperaturas mayores a 25°C (Parsons y Chapman, 2000) por lo que es necesario evaluar aquellas variedades de gramíneas que reporten una mayor tolerancia al déficit hídrico y a temperaturas elevadas durante diferentes épocas del año con la finalidad de encontrar la forma de manejo adecuada tanto para la producción animal como para la producción del forraje.

En el presente trabajo se evaluará el rendimiento y composición química de la leche de tres vacas de la raza Holstein durante un periodo experimental de 42 días, basando su alimentación en el pastoreo continuo intensivo de tres variedades de gramíneas: *Festulolium* (*Lolium perenne* X *Festuca pratense*) cv Spring Green, ballico perenne (*Lolium perenne*) cv Pay Day y bromo catártico (*Bromus catharticus*) cv Matua, suplementadas con 5 kg de concentrado comercial con un contenido de 200 g de proteína cruda/kg de MS en una unidad de producción de leche en pequeña escala.

## **II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA**

### **2.1. Producción de leche**

La definición de leche según el *Codex alimentarius* (2011) “es la secreción mamaria normal de animales lecheros obtenida mediante uno o más ordeños sin ningún tipo de adición o extracción, destinada al consumo en forma de leche líquida o a elaboración ulterior”.

Los cambios importantes en el mercado de la leche, asociados a los episodios de crisis económica han transformado las estrategias de competitividad en las principales zonas productoras de leche, favoreciendo los incrementos en productividad, sin embargo continua siendo necesario fortalecer factores clave para la competitividad del sector como reducir los costos por alimentación y la integración en la cadena de valor de los pequeños productores (Uribe y Torres, 2011).

### **2.2. Producción de leche en México**

El Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2015) posiciona a México en el lugar 15 en la producción de leche a nivel mundial, es decir que dos de cada cien litros de leche que se producen en el mundo, son de origen Mexicano.

La producción de lácteos es la tercera actividad más importante dentro de la rama industrial alimenticia, y durante el periodo 2003-2011 la producción de leche de vaca tuvo una tasa de crecimiento del 1.3%, no obstante, a pesar de presentarse este incremento, solo se logró producir un 80% de la leche consumida a nivel nacional (Secretaría de Economía, 2012).

La producción de leche de vaca es una actividad que proporciona ingresos al productor, contribuyendo al empleo de mano de obra familiar proporcionando un



recurso alimenticio capaz de mejorar la condición nutricional familiar (SAGARPA, 2014b).

El Estado de México es una de las entidades con un alto desarrollo económico y crecimiento poblacional, lo que hace que sea una de las entidades más pobladas y más urbanizadas del país. Sin embargo las actividades agrícolas y pecuarias no han desaparecido y aún conservan importancia dedicándose a ellas un número considerable de productores, fundamentalmente medianas y pequeñas unidades de producción destacándose la lechería familiar, la cual representa una de las actividades económicas importantes para los mexiquenses (Martínez, 2009).

El Estado de México produce un 4.3% de la leche de la producción a nivel nacional, ubicándolo en el séptimo lugar (Secretaría de Economía, 2012); sin embargo, se ha ido disminuyendo su producción hasta un 1.1% en comparación con años anteriores (Lactodata, 2016).

### **2.3. Alimentación del ganado lechero**

La alimentación del ganado lechero difiere por el tipo de sistema de producción, del que existen tres principales: especializados en gran escala, tropical o de doble propósito, y semi-especializados, en pequeña escala o familiares. En los sistemas especializados la alimentación está basada en forrajes de corte como alfalfa, maíz, sorgo forrajero, avena y ballico anual, proporcionándolos en fresco, ensilado y henificado junto con el uso de suplementos como concentrados (FAO, 2005b), mientras que los sistemas semi-especializados y familiares basan la alimentación de sus hatos en el pastoreo de praderas cultivadas o pastizales, complementando con forrajes de corte y concentrados comerciales, así como esquilmos provenientes de los cultivos propios de los productores (SAGARPA, 2000).

Por otra parte el pastoreo ofrece la oportunidad de controlar los recursos tanto vegetal como animal, de tal forma que se obtenga y mantenga una alta eficiencia

en los sistemas de producción a través de una optimización en el uso de praderas y la productividad máxima de los animales (SAGARPA, 2014).

El alimento fundamental y más barato que consume la vaca lechera es el forraje que obtiene de las pasturas, sean naturales o permanentes (Nieto *et al.*, 2012), los animales en pastoreo cosechan su propio alimento prescindiendo de los costos en los sistemas que hacen uso de corte y acarreo de forraje verde de praderas, además las excretas se incorporan directamente a la pradera, favoreciendo la limpieza de los corrales y un mejor manejo de éstos (Arriaga, 1999).

## **2.4 Pastos forrajeros**

En la zona templada del Estado de México, son utilizados los pastos forrajeros mejorados por ser una alternativa de buena calidad tanto en condiciones de riego como en temporal, con una capacidad de adecuarse a las condiciones de cada lugar (Muñoz *et al.*, 2007).

Sin embargo la falta de conocimiento de los productores al comprar la semilla y elegir las variedades que puedan ser aptas no siempre son óptimas para los sistemas de pastoreo que se manejan, además de que en la actualidad las condiciones climatológicas cambiantes sugieren la búsqueda de variedades que se adapten a estas condiciones para contar con forraje de calidad, particularmente para en los sistemas de producción del noroeste del Estado de México.

Las gramíneas se caracterizan por tener un alto contenido de fibra, proteína cruda y algunos minerales, mientras que las leguminosas son particularmente ricas en proteínas y minerales. (FAO, 2005).

## **2.4.1. Gramíneas**

### **2.4.1.1. Ballico perenne (*Lolium perenne*)**

El ballico perenne (*Lolium perenne*) se caracteriza por adaptarse a un clima suave templado húmedo, es poco resistente a la sequía, crece mejor en suelos francos, ricos y húmedos, pero también en los más ligeros y abonados con suficiente humedad, considerado de rápido establecimiento (Monroy *et. al.*, 2007). Una vez establecida en condiciones favorables persiste un mínimo de cinco años. (López, 1988)

#### *2.4.1.1.1 Cultivar Pay Day*

De acuerdo a la ficha técnica la variedad Pay Day es caracterizada por su alta resistencia a enfermedades y una excelente persistencia en las praderas, con la buena calidad forrajera de otros ballicos perennes.

### **2.4.1.2. *Festulolium***

El ballico perenne (*Lolium perenne*) y el ballico anual o (*Lolium multiflorum*) son consideradas las especies óptimas para las praderas, ya que proporcionan altos rendimientos de forraje de buena calidad por hectárea. Sin embargo, carecen de la capacidad de recuperación frente a estrés abióticos como deficiencias de humedad o temperaturas extremas, lo que conlleva a buscar genes más rústicos capaces de soportar los cambios climáticos adversos, con una recuperación tanto a estrés abióticos como bióticos, siendo encontrados en especies de *Festuca* (Ghesquière *et al.*, 2010).

De esta forma se creó *Festulolium*, híbrido intergénérico obtenido de la cruce de ballico perenne o italiano (*Lolium spp.*) y especies de *Festuca* como *Festuca* de los prados (*meadow fescue* en inglés) (*Festuca pratense*) y otras especies del género *Festuca*, preservando el valor nutricional de los ballicos complementado

con la alta persistencia y la tolerancia al estrés de las festucas (Østrem *et al.*, 2015), proporcionando una alternativa para las necesidades de los productores.

#### *2.4.1.2.1. Cultivar Spring Green*

La variedad Spring Green es un híbrido creado por el Dr. Michael Casler y Peter G. Pitts de la Universidad de Wisconsin, originalmente propuesto para ganado de carne en pastoreo. La selección de los pastos se realizó de acuerdo a las variedades de *Lolium spp.* y *Festuca spp.* que habían sobrevivido a cinco o más años de inviernos rigurosos y veranos de sequía de la década de 1980. Se seleccionaron las variedades que presentaron mayor tolerancia al frío y se pusieron a prueba bajo condiciones extremas en el campus de la Universidad en Biotron (Wisconsin), siendo las variedades más sobresalientes seleccionadas ‘Elmet’, ‘Tandem’, ‘Kemal’ (*L. multiflorum* X *F. pratensis*) y ‘Prior’ (*L. perenne* X *F. pratensis*) que se utilizaron como progenitores para producir *Festulolium* cv Spring Green.

#### **2.4.1.3. Bromo catártico (*Bromus catharticus*) cv Matua**

El bromo catártico o cebadilla (*Bromus catharticus* Vahl) variedad Matua es una gramínea con características de buen crecimiento en invierno y un rápido crecimiento en primavera, fue desarrollado en Nueva Zelanda buscando una gramínea con mayor tolerancia a la falta de agua y temperaturas elevadas, con rendimientos y valor nutritivo similar al del ballico perenne, características que lo hacen una excelente fuente de forraje para sistemas de producción animal basados en pastoreo (Belesky *et al.*, 2007; Betteridge y Baker, 2012). De acuerdo a Warta (1976) el rendimiento forrajero durante los dos primeros años de establecimiento es superior en comparación con otras especies de gramíneas.

## **2.4.2. Leguminosas forrajeras**

Una característica relevante de las leguminosas es su capacidad de entrar en simbiosis con bacterias radicícolas (*Rhizobium*), para fijar el nitrógeno atmosférico (Aedo, 1988), que se utilizan en producción animal tanto por su alto valor alimenticio así como mejoradoras del suelo (FAO, 2003).

### *2.4.2.1. Trébol blanco (Trifolium repens)*

Una de las leguminosas forrajeras más utilizadas en sistemas de pastoreo es el trébol blanco (*Trifolium repens*), planta de crecimiento postrado que se desarrolla con base en tallos rastreros denominados estolones que cumplen una función equivalente a los macollos en las gramíneas (Balocchi *et al.*, 2007); aunque ninguna de sus partes es capaz de persistir más de un año, la planta es capaz de persistir indefinidamente solo debido a su capacidad de continua renovación estolonífera. Por su hábito postrado es una especie altamente adaptable al pastoreo (López, 1988).

## **2.5. Sistemas de pastoreo**

El pastoreo puede ser continuo o rotacional, con sus respectivas variaciones (intensivos, alternados, en franjas) (Hodgson, 1994; Anwandter *et al.* (2007), y todo sistema de pastoreo tiene como objetivo utilizar una alta proporción del forraje producido y al mismo tiempo lograr el máximo consumo de nutrientes por animal, por lo que se requiere encontrar el sistema que permita un óptimo consumo individual y elevada eficiencia de la utilización de la pradera (Anwandter *et al.*, 2007).

### **2.5.1. Pastoreo Continuo**

El pastoreo continuo consiste en que las vacas se encuentren en forma permanente en la pradera, teniendo un uso eficiente de la pradera, con base a la

carga animal, la producción de la pradera y al consumo de forraje de los animales (Anwandter *et al.*, 2007).

El pastoreo continuo presenta como desventaja principal la selectividad de las vacas al momento del pastoreo, es decir, tienden a consumir las mejores plantas, o rebrotes y otras partes de las mismas, ocasionando una disminución, debilitamiento y muerte de las mismas, reduciendo la utilización y la producción de los forrajes de calidad en las praderas (Ibarra, 1990).

### **2.5.2. Pastoreo Alternado**

Se define como pastoreo alternado en el cual los animales ingresan en áreas de las praderas y pastorean rápidamente durante corto lapso de tiempo (horas o días) Hodgson (1994)

### **2.5.3. Pastoreo Rotacional**

Se define como un pastoreo de un área determinada en un tiempo relativamente corto, antes de que los animales sean cambiados a una nueva área (SAGARPA, 2014)

#### **2.5.3.1. Pastoreo Rotacional intensivo**

Este sistema tiene como objetivo brindar una dieta equilibrada para la alimentación del ganado, donde diariamente la vaca cosecha un pasto sano, limpio y fresco, brindando un confort, un buen trato para que pueda expresar su óptima capacidad de producción (Messina, 2004).

Consiste en que el área total de la pradera es dividida en un número determinado de parcelas con un tamaño definido o variable el cual va a depender del número de animales, de la capacidad de consumo de pastoreo y de la disponibilidad de forraje de la pradera (Hodgson, 1994).

Una de las ventajas más notables es el atribuido al impacto animal, ya que un mayor número de ganado pastoreando potreros chicos por periodos cortos incrementa el pisoteo que permite al suelo una mayor infiltración y aireación promoviendo el establecimiento de nuevas plantas. El ganado se distribuye más uniformemente en el potrero evitando la selectividad, por lo que se hace una utilización más adecuada de las diferentes plantas de la pradera (Ibarra, 1990).

## **2.6. Evaluación de praderas**

### **2.6.1. Altura de la pradera**

La altura de la pradera es un indicador de disponibilidad de forraje, siendo un factor limitante al momento del pastoreo, pues la respuesta del consumo es más notable y fácil de determinar (Hodgson, 1994), siendo la profundidad de defoliación un factor limitante del consumo, teniendo dificultad para pastorear por debajo de 4 cm y restringiendo el pastoreo a los 2cm de altura (Parga *et al.* 2007).

### **2.6.2. Acumulación Neta de Forraje**

La acumulación neta de forraje (ANF) es el estimador del crecimiento del forraje en un periodo neto, que se obtiene por diferencia entre la medición de la masa herbácea al final de un periodo y su diferencia con la masa herbácea al inicio de ese periodo de medición. En sistemas de pastoreo continuo, se requiere de jaulas o zonas de exclusión del pastoreo durante el periodo de medición que eviten que el ganado consuma el nuevo crecimiento del forraje; en sistemas rotacionales se hace midiendo la masa herbácea antes del pastoreo con relación a la existente antes del periodo de medición (Hodgson, 1994).

La determinación de la Acumulación Neta de Forraje (ANF) por métodos directos es más recomendable para trabajos de investigación, al ser considerado un procedimiento más exacto y objetivo, además de su capacidad de comparar los

resultados de materia seca con algún método indirecto, lo que sirve para corroborar los datos obtenidos (Canseco *et al.*, 2007).

En sistemas de pastoreo rotacional, la diferencia entre la masa herbácea antes y después del pastoreo permite estimar el consumo aparente del grupo de animales que pastorean esa superficie (Canseco *et al.*, 2007). Este método no se utilizará en el presente trabajo por basarse en pastoreo continuo.

### **2.6.3. Materia Seca**

La determinación de Materia Seca (MS) no es considerado como un indicador de calidad, si bien el estado fenológico de las praderas cambia su contenido de MS conforme a su desarrollo (estado vegetativo a estado reproductivo), su importancia radica en que los indicadores de calidad están referidos a la MS (Canseco *et al.*, 2007).

De igual forma la MS se divide en una clasificación de Materia Orgánica (MO), donde se encuentran la parte celular de los alimentos, y materia inorgánica (cenizas o minerales) (McDonald *et al.* 2002).

### **2.6.4. Contenido de fibra**

El valor nutritivo de las plantas está relacionado con dos factores principalmente, la concentración de los nutrientes y su digestibilidad.

La importancia del contenido de fibra es su relación con la concentración energética del mismo así como su consumo de materia seca, a mayor cantidad de fibra no digestible, más lenta digestión ejerciendo un efecto físico de llenado, limitando el consumo.



La fracción fibrosa del forraje es gran importancia en la dieta de los rumiantes, esto para un correcto funcionamiento del rumen y un aprovechamiento del alimento, así como para la composición química de la leche. (Van Soest, 1974)

### **Fibra Neutro Detergente**

La Fibra Neutro Detergente (FND) es el contenido de hemicelulosa, celulosa y lignina, extraído a través de soluciones neutro detergentes eliminando las porciones lipídicas, azúcares, ácidos orgánicos, pectinas, y proteínas solubles principalmente (McDonald *et al.*, 2002).

### **Fibra Ácido Detergente**

La Fibra Ácido detergente (FAD) es el contenido de celulosa, lignina y sílice mediante la digestión con un detergente CTAB en un amortiguador ácido (McDonald *et al.*, 2002).

McDonald *et al.* (2002) menciona que los resultados de fibra ácido detergente mantiene mayor correlación con el contenido en grasa de la leche, debiéndose de mantener un contenido de FAD por encima de 190 g/kg MS.

## **2.6.5 Proteína**

Las proteínas son los compuestos nitrogenados principales en los vegetales Determinación del nitrógeno total que se libera en la digestión química, multiplicando por el factor 6.25 (considerando que 100g de proteína contienen 16 g de nitrógeno; por tanto,  $100/16= 6.25$ ). SHIMADA 2009

### **2.6.5. Digestibilidad**

La digestibilidad es la proporción de un nutrimento dado, que es asimilado (o digerido) por su paso en el tubo gastrointestinal, cuyos nutrientes están disponibles para su absorción y aprovechamiento del animal, con los valores

obtenidos de digestibilidad se pueden emplear métodos para la determinación de los valores energéticos de los alimentos, considerándose así a la digestibilidad como un indicador para la estimación de la energía en los alimentos. (Canseco *et al.* 2007., Shimada, 2009).

## **2.7 Composición química de la leche**

La leche proporciona nutrientes esenciales y es una fuente importante de energía; gracias a su composición química, donde las grasas constituyen alrededor de 30 a 40 g/L del contenido sólido de la leche de vaca (esto determinado por factores como: raza, etapa de lactación, entre otras), las proteínas aproximadamente 35 g/L y la lactosa con 45 - 50 g/L (FAO, 2016).

### **2.7.1. Grasa**

La grasa láctea se sintetiza principalmente en las células secretoras de la glándula mamaria constituyendo entre el 3.5-6.0% de la leche (variando entre razas, alimentación y estado fisiológico de la vaca) (Wattiaux, 2002).

La grasa de la leche de vaca es considerada como una de las más complejas de origen animal, por su alto contenido en ácidos grasos con diferentes estructuras bioquímicas, peso molecular y grado de insaturación (Harvatine *et al.*, 2009). Además de considerarse como la fracción más susceptible a presentar cambios en su composición química (Bauman *et al.*, 2006).

### **2.7.2. Proteína**

El contenido de proteína en la leche es de 35 g/L (variando desde 29 a 39 g/L). La proteína láctea es una mezcla de numerosas fracciones proteicas diferentes, clasificándose en dos grupos principales: caseínas (80%) y proteínas séricas (20%), siendo la caseína la proteína más abundante y característica de la leche por no encontrarse en otro alimento (Agudelo *et al.*, 2005), pues es capaz de

separar el cuajo de las proteínas séricas luego de que la leche se ha coagulado bajo la acción de la renina (Wattiaux, 2002).

### **2.7.3. Nitrógeno Ureico en Leche (NUL)**

El nitrógeno está presente en tres fracciones principales en la leche, la caseína en un 77.9%, el nitrógeno de la proteína del suero en un 17.2% y el Nitrógeno no proteico en un 4.9%, NUL es una fracción variable del nitrógeno no proteico de la leche (Peña, 2002), teniendo variables que influyen en su expresión como los días post parto, y va ligado directamente con la proteína total de la leche (Acosta y Delucchi, 2002).

La concentración de nitrógeno ureico en leche permite la detección indirecta de los niveles de proteína en la alimentación, permitiendo evaluar las dietas, así como el manejo de los sistemas de pastoreo (Cerón *et al.*, 2014), en dietas con niveles altos de proteína el NUL tiende a elevarse, mientras que dietas con niveles altos de energía disminuyen la concentración de NUL (Acosta y Delucchi, 2002).

Las dietas de alto contenido proteico tienden a presentar niveles más altos de NUL, esto es porque a mayor degradación de proteína en el rumen, da una mayor producción de amoníaco y por consiguiente mayor conversión de amoníaco a urea en el hígado (Peña, 2002), la síntesis de moléculas de urea en el hígado demanda un gasto energético, si se encuentran niveles altos de amoníaco en sangre este gasto energético cobra importancia al influir negativamente en la producción animal (rendimiento de carne o producción de leche), al necesitar dicha energía para su síntesis (Rodríguez *et al.*, 2007).

Si la dieta es balanceada y hay un consumo adecuado, la fermentación generará un pH adecuado para la formación de sustratos que producirán una leche con los niveles adecuados de sólidos totales, proteína y grasa (Cerón *et al.*, 2014).

### **III. JUSTIFICACIÓN**

La producción de leche es considerada como una de las actividades agroalimentarias más importantes del país, siendo dividida en tres grandes grupos de producción, la especializada (localizada principalmente en el norte del país), doble propósito (localizada principalmente en el centro y sur del país) y pequeña escala.

En el Estado de México la producción de leche dentro de la rama industrial alimenticia, continúa siendo una actividad importante para la población; situándose dentro de los 10 estados con mayor producción de leche en el país. No obstante dentro de la producción de leche encontramos factores sociales, ambientales y económicos que afectan la viabilidad de esta actividad, como la urbanización, el cambio climático, costos elevados de alimentación, entre otros.

Se ha impulsado la búsqueda de alternativas que disminuyan el impacto de estos factores en las unidades de producción a pequeña escala, en una zona altamente productora de leche y queso como lo es el municipio de Aculco, involucrando una investigación participativa, llevando los resultados directamente a los productores y así impulsar un cambio positivo en su situación.

Con el presente trabajo se propuso realizar un experimento para evaluar tres variedades de gramíneas bajo pastoreo de vacas lecheras, como una alternativa para su utilización en sistemas de producción de leche en pequeña escala, ya que el *Festulolium* cv Spring Green y el *Bromo catártico* cv Matua reportan resistencia a factores del cambio climático como lo es mayor tolerancia a déficit de agua y a temperaturas elevadas en comparación con un ballico perenne con características favorables para estos sistemas como referente control; además de contar una buena calidad para la nutrición adecuada de vacas lecheras en producción.

#### **IV. HIPÓTESIS**

No existen diferencias en la altura de la pradera en pastoreo, la acumulación neta de forraje, la composición química, o la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica en praderas de *Ballico perenne* cv Pay Day, *Bromo catártico* cv Matua, o *Festulolium* cv Spring Green para la alimentación de vacas lecheras bajo pastoreo continuo.

No existen diferencias en el rendimiento o composición de leche de vacas en segundo tercio de lactación bajo pastoreo de tres variedades de gramíneas como alimento principal y suplementadas con concentrado comercial.

## **V. OBJETIVOS**

### **5.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la respuesta productiva de vacas lecheras en pastoreo continuo en praderas de tres variedades de gramíneas; y evaluar la producción y calidad del forraje de estas praderas.

### **5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

Determinar la altura de las praderas mediante medidor de plato ascendente como un indicador de las condiciones de pastoreo.

Estimar la acumulación neta de forraje como indicador de la producción de forraje.

Determinar la composición química del forraje de praderas de tres variedades de gramíneas en términos de contenidos de materia seca, cenizas, materia orgánica, proteína cruda, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, y digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica.

Determinar el rendimiento de leche de vacas en pastoreo de praderas de tres variedades de gramíneas.

Determinar la composición química (grasa, proteína y lactosa), pH y contenido de Nitrógeno Ureico (NUL) de la leche.

## VI. MATERIALES

### 6.1. Material biológico

#### 6.1.1. Animales experimentales

El experimento se llevó a cabo en una unidad de producción de leche en pequeña escala mediante investigación participativa rural con un productor quien aportó al experimento 3 vacas multíparas Holstein con un rendimiento promedio de leche  $18.9 \pm 1.8$  kg, un peso promedio de  $505.33 \pm 22.1$  kg y 115 días de lactación.

#### 6.1.2. Praderas

Se utilizó una pradera con una superficie total de 9850 m<sup>2</sup>, la cual se dividió en tres partes iguales, en cada tercio se sembró de manera aleatoria una variedad de pasto. La fecha de siembra se realizó el 30 de abril de 2015, con una dosis de 30 kg/ha de semilla por variedad y 3 kg/ha de trébol blanco (*Trifolium repens* cv Ladino).

La pradera 1 fue establecida con *Ballico perene* cv Pay Day (PD), la pradera 2 con *Festulolium* cv Spring Green (*Lolium perenne* x *Festuca pratense*) (FSG) y la pradera 3 con *Bromus catharticus* cv Matua (BM). Las tres praderas fueron fertilizadas a la siembra con una dosis de 60N-80P-60K y posteriormente una vez establecidas se realizó una fertilización de mantenimiento con 100 kg de urea cada 28 días.

### 6.2. MATERIALES DE CAMPO

- Bascula de reloj capacidad 20kg
- Jaulas de exclusión (0.25 m<sup>2</sup>)
- Cuadrante de metal (0.16 m<sup>2</sup>)
- Tijeras de esquila

- Bolsa de plástico
- Lacti-check, analizador de leche por ultrasonido portátil
- Bascula electrónica de barras capacidad 1000 kg
- Frascos de plástico 100 ml
- Hielera
- Marcadores de tinta permanente
- Medidor de altura de pradera de plato ascendente (“Pastómetro”)



## VII. MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo bajo un diseño experimental de cuadro latino 3x3, donde las filas son las vacas y las columnas los periodos de evaluación. El experimento tuvo una duración de 42 días, el cual se dividió en tres periodos experimentales de 14 días de duración cada uno, considerando los primeros 10 días para adaptación al manejo y la dieta, y los últimos cuatro días para medición y recolección de muestras, como se muestra en el cuadro 1.

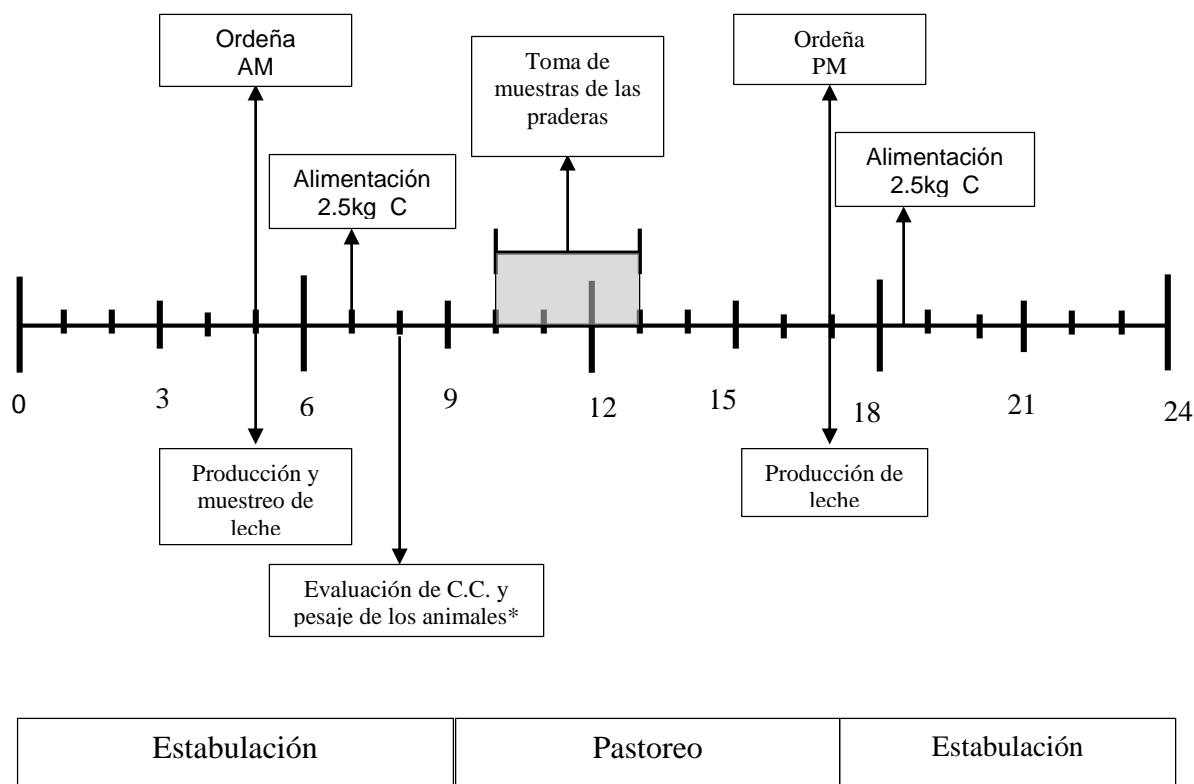
**Cuadro 1. Actividades realizadas en campo durante el experimento.**

PERIODO DE ADAPTACIÓN		PERIODO DE MEDICION			
Día 1	Día 2-10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14
		Producción de leche	Producción de leche	Producción de leche	Producción de leche
		Muestreo de leche	Muestreo de leche	Muestreo de leche	Muestreo de leche
		Análisis de leche (Lacti-check)	Análisis de leche (Lacti-check)	Análisis de leche (Lacti-check)	Análisis de leche (Lacti-check)
			Muestreo de praderas *	Muestreo de praderas*	Muestreo de praderas*
			Medición de altura de la pradera **	Medición de altura de la pradera **	Medición de altura de la pradera **
Colocación de jaulas **					Corte de jaulas **
					Evaluación de las vacas (CC y peso)

\*Utilizando el método de pastoreo simulado

\*\*Estimación de ANF

Figura 1.- Actividades durante un día en el periodo de medición (horas).



\*Último día del periodo de evaluación.

### 7.1. Alimentación

Las vacas tuvieron acceso a pastoreo continuo intensivo durante 8 horas al día (9:00h a 17:00h) en la pradera correspondiente al periodo y variedad asignados de acuerdo a la secuencia de tratamientos correspondiente. Además se les suplementó con 5 kg de concentrado comercial (200 g/kg MS de proteína cruda) por día, administrado en dos porciones, en la ordeña de la mañana y en la ordeña de la tarde (08:00 y 17:00 h).

## 7.2. Tratamientos

Se evaluaron tres tratamientos como se presentan en el Cuadro 2:

Tratamiento PD: Pastoreo en pradera de *Lolium perenne* cv Pay Day

Tratamiento FSG: Pastoreo en pradera *Festulolium* cv Spring Green.

Tratamiento BM: Pastoreo en pradera de *Bromus catharticus* cv Matua.

### CUADRO 2. Distribución de tratamientos

Vaca /periodo	I	II	III
9856	BM	FSG	PD
7136	PD	BM	FSG
8086	FSG	PD	BM

Periodos I, II, III, PD= *Lolium perenne* cv Pay Day; FSG= *Festulolium* cv Spring Green; BM = *Bromus catharticus* cv Matua.

## 7.3. Altura de la pradera

Para medir la altura de la pradera se utilizó un medidor de plato ascendente (Hodgson, 1994), realizando 20 mediciones en forma de zigzag y totalmente al azar en cada pradera al inicio y término de cada periodo experimental, buscando cubrir una medición representativa de la altura de las praderas.

## 7.4. Acumulación neta de forraje y análisis bromatológicos

Se colocaron dos jaulas de exclusión de (0.5 x 0.5 m) por pradera, realizando una medición antes de la colocación de la jaula, y la segunda medición dentro de la jaula al final del cada periodo y así estimar su crecimiento.

En el día cero de medición, la jaula se colocó al azar en la pradera, posteriormente se realizarán cinco mediciones de altura a un costado de la jaula, cuidando que las

características del área a medir fueran similares a las del área excluida por la jaula, posteriormente se colocó el cuadrante de metal de 0.16 m<sup>2</sup> (0.40 x 0.40 m) y se procedió a cortar a ras de suelo todo el forraje dentro del cuadrante con unas tijeras de esquilar.

En el día 14, se retiraron las jaulas y se realizaron cinco mediciones de altura dentro del área de exclusión y se procedió a cortar todo el forraje a ras de suelo, utilizando el mismo cuadrante. El material cortado fue colocado en bolsas de plástico previamente identificadas para su envío y procesamiento en el laboratorio. La ANF se calculará mediante la siguiente fórmula:

**ANF (g/0.16 m<sup>2</sup>)** = [Peso promedio de la materia seca dentro de la jaula el día 14]-  
[Peso promedio de la materia seca disponible fuera de la jaula en el día cero].

En laboratorio se determinó su contenido de MS en una estufa de aire forzado a 60°C por 48 horas.

### **7.5. Composición química del forraje**

En la pradera, se tomaron muestras por el método de pastoreo simulado, capaz de aparentar el pastoreo realizado por las vacas al final de cada periodo experimental, para realizar la determinación de su composición química y la determinación de la digestibilidad *in vitro* de la materia seca como estimador de su valor nutritivo. Esta muestra se secó en una estufa a 60°C por 48 horas hasta obtener su peso constante, posteriormente se determinó el contenido de materia seca y la muestra fue molida, las cenizas se determinaron por incineración en una mufla a 600°C para así determinar la materia orgánica. La digestibilidad *in vitro* de la materia seca se realizaron a través del método Daisy (Ankom Technology, 2006), el contenido de nitrógeno se obtuvo mediante el método Kjeldahl (AOAC, 1990) multiplicando el resultado por el factor 6.25 (AFRC, 1993) para obtener el contenido de proteína cruda (PC); el contenido de fibra detergente neutro (FDN) y

fibra detergente ácido (FDA) se determinó mediante el método ANKOM, mediante la técnica Van Soest *et al.* (1991). La energía metabolizable se estimó mediante la fórmula de la AFRC, (1993)

$$EM \left( \frac{MJ}{kgMS} \right) = 0.0157[DMO] - 0.535$$

Dónde:

ME= Energía Metabolizable

DMO=Digestibilidad de la Materia Orgánica.

### **7.6. Rendimiento de leche**

La medición del rendimiento de leche (kg/vaca/día) se realizó durante las ordeñas de la mañana y de la tarde los últimos cuatro días de cada periodo experimental. La ordeña se realizó con una máquina de ordeño a las 05:00h y a las 17:00 h

### **7.7. Composición química de la leche**

Las muestras de leche fueron recolectadas durante los últimos cuatro días de cada periodo experimental y se determinaron los valores de proteína, grasa, lactosa y pH con un equipo portátil (Lactichек ®). Se determinó el Nitrógeno Ureico en Leche a través del método colorimétrico descrito por Chaney y Marback (1962).

### **7.8. Condición corporal**

La estimación de la condición corporal de las vacas se realizó de acuerdo a lo establecido por Edmondson *et al.* (1989), cuya evaluación se realizó al final de cada periodo experimental. La técnica utilizada consiste en la palpación de la grasa subcutánea en las apófisis espinosas y apófisis transversas de las vértebras lumbares, tuberosidad coxígea, tuberosidad isquiática, así como la observación de la cavidad entre las tuberosidades coxígeas y la tuberosidad isquiática y la base

de la cola, manejando la escala de 1-5 de acuerdo a las siguientes interpretaciones.

1= emaciado 2= delgado 3= buen balance 4= gordo 5= obeso

### **7.9. Peso vivo**

El peso vivo individual de cada vaca se determinó al final de cada periodo experimental cada 14 días después de la ordeña de la mañana utilizando una báscula electrónica con capacidad para 1,000 kg de peso vivo.

### **7.10. Análisis estadístico**

El análisis e interpretación de los resultados obtenidos correspondientes a los parámetros de producción animal se realizó mediante un diseño de cuadro latino 3x3, utilizado por su capacidad de proveer una mejor estimación del error experimental, así como por ser recomendado para los experimentos con un número reducido de unidades experimentales, con análisis de varianza expresado por el **Modelo 1**, utilizando el programa estadístico Minitab V14.

Para la altura, ANF y composición nutricional se utilizó un diseño completamente al azar con tres tratamientos mediante el **Modelo 2**, en el programa estadístico Minitab V14.

#### **Modelo 1:**

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + H_j + C_k + e_{ijk}$$

Dónde:

$\mu$  = Efecto del promedio poblacional;

$T_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento (gramínea)  $i$ = (PD, FSG, BM)

$H_j$  = Efecto de la  $j$  –ésima hilera (vaca)  $J$ = 1, 2,3

$C_k$  = Efecto de la  $k$  –ésima columna (periodos experimentales)  $k$ = I, II, III.

$e_{ijk}$  = Error experimental

**Modelo 2:**

$$Y_{ii} = \mu + T_i + e_i$$

Dónde:

$Y_{ii}$  = Variable de respuesta,

$\mu$  = Media general,

$T_i$  = Efecto tratamiento,

$e_i$  = error experimental

### **VIII. LÍMITE DE ESPACIO**

El proyecto se realizó en una unidad de producción de leche en pequeña escala en el municipio de Aculco, del Noroeste del Estado de México, en la localidad Presa del Tepozán, ubicada a las coordenadas 20°12'17.6" latitud Norte 99°57'29.4" longitud Oeste, a una altitud de 2300 msnm con un clima templado húmedo con una temperatura promedio de 10 - 15 ° C con una precipitación pluvial anual de 700-1000 mm.



## **IX. LÍMITE DE TIEMPO**

El periodo experimental se realizó durante el otoño, del 16 de octubre al 27 de noviembre 2015 en una unidad de producción de leche en pequeña escala, posteriormente los análisis en laboratorio correspondientes a las muestras, así como la elaboración de los análisis estadísticos de los resultados obtenidos.

## X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 10.1. PRODUCCIÓN

#### 10.1.1. Rendimiento de leche

En el cuadro 3 se muestra el rendimiento de leche de vacas en pastoreo en praderas con distintas especies de gramíneas. Se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ( $P < 0.05$ ), la cantidad de leche en el tratamiento de BM fue en promedio 9% menor que en los tratamientos PD y FSG (cuyos resultados fueron similares).

El rendimiento de leche en el presente estudio fue superior a lo reportado por Martínez *et al.* (2015), Arriaga-Jordán *et al.* (2002) y Fadul-Pacheco (15.0±2.4, 14.4±2.93, 13.9 kg/día, respectivamente) en sistemas de producción de leche en pequeña escala con una alimentación basada en pastoreo.

**Cuadro 3. Resultados del rendimiento de leche, Peso Vivo y Condición corporal (CC).**

Variable/ Tratamientos	PD	FSG	BM	EEM	Significancia
<b>Rendimiento de Leche (kg/vaca/día)</b>	18.7 <sup>a</sup>	18.0 <sup>a</sup>	16.7 <sup>b</sup>	0.21	*
<b>Peso Vivo (kg)</b>	523	528	521	4,8	NS
<b>CC (1-5)</b>	2.1	2.1	2.1	--	---

PD= *Lolium perenne* cv Pay Day; FSG= *Festulolium* cv Spring Green; BM = *Bromus catharticus* cv Matua; EEM= Error Estándar de la Media; NS= ( $P > 0.05$ ); a, b = ( $P < 0.05$ ).

#### 10.1.2. Peso Vivo y Condición Corporal

En el cuadro 3 se muestra los resultados del el peso vivo y condición corporal, sobre los que no se presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos.

Los resultados de peso vivo fueron superiores a lo reportado por Arriaga *et al.* (2002) y Heredia *et al.* (2007) en sistemas de producción de leche en pequeña escala similares con una alimentación basada en pastoreo, en vacas Holstein.

La condición corporal no representó diferencias entre tratamientos (Cuadro 3), los valores se consideran dentro de los rangos normales de acuerdo a lo reportado por Wattiaux (2002b), sobrepasando los 2 puntos de condición corporal acorde a los días en lactación de las vacas.

## 10.2. Composición química de la leche

La composición química de la leche expresando un promedio de  $38.1 \pm 1.25$ g/kg en grasa,  $32.4 \pm 0.4$  g/kg de proteína y  $47.06 \pm 0.5$  g/kg en lactosa no presentaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) como se muestra en el cuadro 4.

### **Cuadro 4. Composición química de la leche de vacas Holstein en pastoreo en praderas con distintas especies de gramíneas.**

Variable/ Tratamientos	PD	FSG	BM	EEM	Significancia
Grasa (g/kg)	38.4	36.7	39.2	0.33	NS
Proteína (g/kg)	32.8	32.2	32.2	0.04	NS
Lactosa (g/kg)	47.7	46.8	46.7	0.68	NS
NUL (mg/dL)	12.4	13.03	12.7	2.22	NS

**PD= *Lolium perenne* cv Pay Day; FSG= *Festulolium* cv Spring Green; BM= *Bromus catharticus* cv Matua; EEM= Error Estándar de la Media; NS= ( $P > 0.05$ ).**

### 10.2.3. Grasa

La falta de significancia en el contenido de grasa en leche puede relacionarse con el rendimiento de leche, ya que a menor producción una mayor concentración de los componentes de la leche. Sin embargo, el contenido de grasa se encuentra dentro de los rangos normales (NMX-F- 700-COFOCALEC-2004 ( $\geq 32$ g/kg)).

Los resultados para grasa fueron superiores a lo reportado por Heredia-Nava (2007) con 29.2g/kg y semejantes a lo reportado por Pérez-Prieto *et al.* (2011) y Martínez-García *et al.* (2015) cuya alimentación estaba basada en pastoreo suplementado con ensilado de maíz y concentrado comercial obteniendo 37.2g/kg y  $36\pm 5.9$ g/kg de grasa en leche, respectivamente.

#### **10.2.4. Proteína**

En los resultados de proteína (Cuadro 4) no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P>0.05$ ) manteniendo un promedio de  $32.4\pm 0.04$  g/kg, superiores a lo reportado por Fadul-Pacheco *et al.* (2013) y a Heredia-Nava *et al.* (2007) con 31g/kg y 30.5g/kg respectivamente en sistemas de producción de leche en pequeña escala bajo una alimentación en pastoreo, corte y acarreo de praderas. Y semejantes a lo reportado por Martínez-García *et al.* (2015) con  $31\pm 1.2$  g/kg, Wattiaux (2002a) menciona que los valores de proteína en leche están relacionados directamente con la cantidad de grasa, (a mayor cantidad de grasa, mayor cantidad de proteína) se puede mencionar que ambos resultados se encuentran relacionados correspondiente a esta regla, pero dentro de las especificaciones fisicoquímicas establecidas por la NOM 155-SCFI-2012 con 30g/kg de proteína en leche.

#### **10.2.5. Lactosa**

El contenido de lactosa en leche se encuentran dentro de las especificaciones para la composición química de la leche de la NMX-F- 700-COFOCALEC-2004 con una media de  $47.06\pm 0.68$  tal como se observa en el Cuadro 4, concordando con Wattiaux (2002a) que estima la producción de lactosa en vacas lecheras de 47g/kg.

### **10.2.6. Nitrógeno ureico en leche (NUL)**

El contenido de NUL es un coeficiente utilizado para determinar problemas con los aportes de proteína, relacionándolos con los aportes energéticos así como la cantidad necesaria de fibra en la dieta (Cerón *et al.*, 2014).

Los valores de NUL encontrados en el experimento presentan una media de  $12.71 \pm 2.2$  mg/dL, Cerón *et al* (2014) y Acosta y Delucchi (2002) concuerdan que el nitrógeno ureico en un rango de 12-15mg/dL es un nivel óptimo para la producción y reproducción, manteniendo en la dieta niveles adecuados de las fracciones proteicas, aminoácidos y carbohidratos fermentables comprobando una eficiencia en el uso de nitrógeno en la dieta animal, sin causar ineficiencias en los procesos digestivos y síntesis de leche, considerando la etapa productiva como días en lactación (46-150 días), así como la concentración de proteína total de la leche (3.2g/kg) (Acosta y Delucchi, 2002), valores cubiertos por el experimento con 115 días promedio de lactancia y un contenido de  $32.4 \pm 0.04$  g/kg .

## **10.3 Evaluación de las praderas**

### **10.3.1. Acumulación neta de Forraje y Altura de la pradera**

El consumo de forraje está vinculado a una altura y una disponibilidad apropiada en las praderas destinadas para vacas de acuerdo a sus características de producción, tales como etapa de lactación, estado gestacional, peso vivo entre otros; la disponibilidad del forraje por día (kg/MS/ha) debe ser aproximadamente el 5% del peso vivo del animal (Parga *et al.*, 2007),

**Cuadro 5. Acumulación neta de forraje (ANF) de las praderas**

Variable/ Tratamientos	PD	FSG	BM	EEM	Significancia
ANF (kg MS/ha)	382.36	222.71	426.63	80.03	NS
ANF (kg/MS día)	9.10	5.30	10.15	1.9	NS
Altura (cm)	5.16	5.44	5.13	0.32	NS

PD=*Lolium perenne* cv Pay Day; FSG= *Festulolium* cv Spring Green; BM = *Bromus catharticus* cv Matua EEM= Error Estándar de la Media, NS= No significativo (P>0.05).

El promedio de ANF durante el periodo experimental fue de 343.9 kg MS/ha. Una diferencia de 203.92kg/MS/ha entre BM y PSG se observa en el cuadro 5, menor diferencia entre BM y PD fue observada con tan solo 44.27kg/MS/ha.

La ANF promedio por día fue de 24.56 kg/MS/ha (Cuadro 5), al realizar una estimación de disponibilidad de acuerdo al 5% del peso vivo de las vacas obtenido durante el mismo, los resultados fueron inferiores a lo reportado por Aragadvay (2014).

La altura promedio de la planta se mantuvo por encima de los 5cm de la disponibilidad de forraje, se considera dentro del rango crítico de 6-8cm con una medición con regla (Pulido, 1996), pero en estudios previos se mostró que con alturas menores de 2.4cm (Heredia-Nava *et al.*, 2007) y de 3.3cm (Albarrán *et al.*, 2012) en promedio, se mantuvieron rendimientos de leche de 19 litros.

#### 10.4 Calidad nutricional del forraje

Para conocer el valor nutritivo de los alimentos suplementados, son necesarios dos componentes principales, su composición química y su digestibilidad. Su composición química es la concentración de contenido celular (PC y MO) y el contenido fibroso (pared celular).

En el Cuadro 6 se muestra la composición química de las tres variedades de gramíneas. No se observaron diferencias estadísticamente significativas de los componentes entre las variedades ( $P>0.05$ ).

**CUADRO 6. Composición química de tres variedades de gramíneas (g/kg de MS).**

Variable	PD	FSG	BM	EEM	Significancia
Materia Seca g/kg	175.67	192.65	246.40	39.00	NS
Proteína Cruda	236.12	222.48	217.39	21.07	NS
Materia Orgánica	846.19	831.05	836.89	4.48	NS
Fibra Neutro Detergente	514.33	503.33	485.33	11.93	NS
Fibra Ácido Detergente	193.66	212.66	196.33	12.36	NS

**PD=** *Lolium perenne* cv Pay Day; **FSG=** *Festulolium* cv Spring Green; **BM =** *Bromus catharticus* cv Matua. **EEM=** Error Estándar de la Media; **NS=** No significativo ( $P>0.05$ ).

Los valores obtenidos para PD (Cuadro 6) son similares a lo reportado para praderas de *Lolium perenne* de acuerdo al INRA (2007), el cual reporta que durante el primer año de aprovechamiento encontrándose en estado vegetativo, las variables para determinar su calidad nutricional son las siguientes: contenido proteico de 244 g/kg MS, contenido de materia orgánica de 896 g/kg MS, contenido de FND de 482 g/kg MS y FAD de 221g/kg MS.

De acuerdo con Luna *et al.* (2011) y SEED RESEARCH OF OREGON (2007) en relación a la composición química del FSG, el contenido proteico debe encontrarse dentro de 146g/kg MS, así como el contenido de FND 479g/kg MS y de FAD de 287g/kg MS, observándose una similitud entre los datos obtenidos (Cuadro 6).

Los resultados para BM comparados con lo reportado por el INRA (2007) quien cita un contenido de proteína Cruda de 158 g/kg MS, materia orgánica de 875g/kg

MS, FND de 624 g/kg MS y FAD de 316g/kg MS, son superiores en cuanto a la proteína cruda, materia orgánica, pero menores con respecto a los resultados de fibras pertenecientes a la pared celular de la planta.

### **10.5. Digestibilidad y Energía Metabolizable**

En el Cuadro 7 se presentan los resultados de la digestibilidad *in vitro* enzimática, con la que se realizó una estimación de la energía metabolizable.

La digestibilidad es la estimación de los nutrientes disponibles para la absorción, además de considerarse como un indicador para la estimación de la energía en los alimentos (Canseco *et al.*, 2007).

#### **Cuadro 7. Digestibilidad *in vitro* (g/kg MO) y contenido de Energía Metabolizable (MJ/kg MS).**

<b>Variable</b>	<b>PD</b>	<b>FSG</b>	<b>BM</b>	<b>EEM</b>	<b>Significancia</b>
<b>Digestibilidad</b>	787.02	736.57	792.11	32.98	NS
<b>Energía metabolizable</b>	11.82	11.03	11.9	0.51	NS

PD= *Lolium perenne* cv Pay Day; FSG= *Festulolium* cv Spring Green; BM = *Bromus catharticus* cv Matua; EEM= Error Estándar de la Media; NS= (P>0.05).

La digestibilidad de los pastos se encuentra entre 550-850g/kg MO variando de acuerdo a la especie, variedad y estado fenológico de la pradera (INRA, 2007, Shimada, 2009, Canseco *et al.*, 2007). La digestibilidad de las praderas se encontró por debajo de los datos referidos en las tablas del INRA (2007) en una media de 771.9 g/kg MO, dentro de los experimentos el BM obtuvo la mayor digestibilidad de los tratamientos, pero sin encontrarse una diferencia estadísticamente significativa entre ellos (cuadro 7).

Los resultados obtenidos para digestibilidad son superiores a lo reportado por Pérez-Prieto *et al.* (2011) con 619g/kg MO y Albarrán *et al.* (2012) con 718g/kg MO en praderas.



La ingestión energética suele ser el factor determinante de las producciones, pues responde directamente al rendimiento de los animales, es decir, si los alimentos tienen un contenido alto de energía llegan a incrementar su peso o su rendimiento de leche, siempre y cuando los demás nutrientes (por ejemplo la proteína) se lo permitan, y así la producción sea eficiente, sin embargo si los demás nutrientes se encuentran a niveles que apenas cubren las necesidades de los animales, la acumulación de grasa en forma de reserva, incrementará la demanda de vitaminas y minerales que intervengan en su síntesis y así crear una deficiencia (McDonald *et al.*, 2002).

El contenido deseable de energía metabolizable de acuerdo con Hodgson (1994) en vacas con producciones promedio de 20 litros de leche por día es de 10.5 MJ/kg MS, energía cubierta por todos los tratamientos al encontrar un contenido de energía metabolizable promedio de 11.58 MJ/kg MS, similares a lo reportado en praderas cultivadas de Ballico perenne por Albarrán *et al.* (2012) con 11.4MJ/kg MS.

### **10.6 CONCENTRADO**

El concentrado comercial administrado durante el experimento fue analizado para conocer los nutrientes que proporcionaba a la dieta, por lo que los análisis que se realizaron fueron los mismos para los forrajes, obteniendo como resultado un contenido de materia seca de 911g/kg, su composición química se describe en el cuadro 8.

**Cuadro 8. Composición química del concentrado**

<b>Concentrado</b>	<b>PC</b>	<b>MO</b>	<b>FND</b>	<b>FAD</b>	<b>DIVMO</b>	<b>EM</b>
<b>g/kg MS</b>	203	909.13	336.96	114.07	895.02	13.52

**PC=** Proteína Cruda; **MO=** Materia Orgánica; **FND=** Fibra Detergente Neutro; **FDA=** Fibra Detergente Acido, **DIVMO=** Digestibilidad in vitro de la Materia Orgánica, **EM=** Energía Metabolizable.

## **XI. CONCLUSIONES**

Tomando en cuenta los resultados obtenidos para el rendimiento de leche por FSG y PD son superiores que BM, rechazando la primera hipótesis.

Sin embargo la composición química de la leche no fue afectada por los tratamientos evaluados encontrándose los valores dentro de los rangos normales.

En base a la evaluación nutricional de las praderas, así como la altura y la acumulación neta de forraje indican que son forrajes de una calidad aceptable por lo tanto son una alternativa para la producción de forraje para la alimentación de vacas productoras de leche.

Tras la evaluación de las praderas y encontrar valores nutricionales adecuados para los requerimientos de las vacas del experimento, se concluye que son adecuados para la utilización en estos sistemas de producción, sin embargo es necesario realizar análisis más específicos que nos permitan evaluar las características de los forrajes tales como palatabilidad, tasa de consumo entre otros y continuar evaluando la respuesta productiva de las vacas.

### **XIII. LITERATURA CITADA**

- Acosta Y, Delucchi M. (2002): Determinación de Urea en Leche. Instituto nacional de investigación agropecuaria (INIA). <http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/le/ad/2002/mun.pdf> (16 de abril del 2016)
- Aedo N. (1988): Morfología de una gramínea y leguminosa típica. En: Praderas para Chile. 1 ed. Editado por Ruiz N. I. 28-39, INIA, Chile.
- AFRC. (1993): Animal and food research council. Energy, and protein requirements of ruminants, CAB International, Wallingford, UK. 159
- Agudelo D, Bedoya O. (2005): Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. Revista Lasallista de Investigación, 2 (1):38-42.
- Albarrán B, Garcia A, Espinoza A, Espinosa E, Arriaga C. (2012): Maize silage in dry season for grazing dairy cows in small-scale production in Mexico's highlands. Indian Journal of animal research. 46 (4): 317-324.
- ANKOM Technology. (2006): In vitro True Digestibility using the Daisy II Incubator. ANKOM TECHNOLOGY. <https://www.ankom.com/> (20 de agosto de 2015).
- Anwandter V, Balocchi O, Parga J, Canseco C, Teuber N, Abarzúa A, Lopetegui J y Demanet R. (2007): Métodos y control del pastoreo. En: Manejo del pastoreo. Capítulo 6. 91 – 105. Editado por Teuber N., Balocchi O. y Parga J. INIA – Remehue / Universidad Austral de Chile, Osorno, Chile.
- AOAC. (1990): Official methods of analysis 15th Ed. Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical Chemists.

- Aragadvay R. G. (2014): "Evaluación de Ensilado de Maíz (*Zea Mays*), ensilado de Girasol (*Helianthus Annuus*) O su combinación, en la alimentación de vacas lecheras en Sistemas De Producción En Pequeña Escala"
- Arriaga C, Espinoza A, Albarrán B y Castelán O. (1999): Producción de Leche en Pastoreo de Praderas Cultivadas: Una Alternativa Para el Altiplano Central. *Ciencia Ergo Sum*, 6(3): 290-300.
- Arriaga C, Sánchez E, Espinoza A y Velázquez L. (1998): Innovación tecnológica y desarrollo participativo: el caso de forrajes cultivados en sistemas de producción campesinos en el Estado de México. *Ciencia ERGO SUM*, 5 (1): 63-72.
- Arriaga-Jordan C, Albarran-Portillo B, Espinoza-Ortega A, Garcia-Martinez A, Castelan-Ortega O. (2002): On-farm comparison of feeding strategies based on forages for small-scale dairy production systems in the highlands of central Mexico. *Experimental Agriculture*. 38: 375-388.
- Balocchi O, Teuber N, Parga J, Demanet R, Anwantedter V, Lopetegui J, Canseco C, y Abarzúa A. (2007): Crecimiento de las plantas Forrajeras y su adaptación al pastoreo Capitulo 2, 9-22. Editado por Teuber N., Balocchi O. y Parga J. INIA – Remehue / Universidad Austral de Chile, Osorno, Chile.
- Belesky DP, Rucle JM and Abaye AO. (2007): Seasonal distribution of herbage mass and nutritive value of Prairie grass (*Bromus catharticus* Vahl). *Grass and Forage Science* 62: 301-311.
- Betteridge K and Baker J. (2012): Production from a drought-prone Northland pasture direct drilled with 3 grass cultivars, *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*, 11(2): 101-106.

- Canseco C, Abarzúa A, Parga J, Teuber N, Balocchi O, Lopetegui J, Anwantedter V y Demanet R. (2007): Calidad nutritiva de las praderas. Capítulo 4. En: Manejo del pastoreo. 1ª ed. Editado por Teuber N, Balocchi O, Parga J., 23- 49, Imprenta América, Chile.
- Canseco C, Demanet R, Balocchi O, Parga J, Anwandeter V, Abarzúa A, Teuber N y Lopetegui J. (2007): Determinación de la disponibilidad de materia seca de praderas en pastoreo. En: Manejo del pastoreo. 1ª ed. Editado por Teuber N, Balocchi O, Parga J., 23- 49, Imprenta América, Chile.
- Cerón M, Henao A, Múnera Ó, Herrera A, Díaz A, Parra A y Tamayo C. (2014): Concentración de nitrógeno ureico en leche: interpretación y aplicación práctica. 1ª ed., Fondo Editorial Biogénesis, Colombia.
- Chaney A and E. (1962): Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clinical Chemistry* 8:130-132.
- COCOFALEC Consejo para el fomento de la calidad de leche y sus derivados A.C, (2004) NMX-700-COFOCALEC-2004.Sistema producto, leche alimento lácteo leche cruda de vaca especificaciones fisicoquímicas sanitarias y métodos de prueba. México D. F.
- Edmondson J, Lean O, Weaver T, Farver and Webster G. (1989): A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Sciences*. 72(1):68-78.
- Fadul-Pacheco L, Wattiaux M, Espinoza-Ortega A, Sanchez-Vera E, Arriaga-Jordán C. (2013): Evaluation of sustainability of Smallholder Dairy Production Systems in the Highlands of Mexico During the Rainy Season, *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 37(8), 882-901.

- FAO. (2003): Conservación de heno y paja para pequeños productores y en condiciones pastoriles, ROMA. <http://www.fao.org/docrep/007/x7660s/x7660s08.htm#bm08.1> (10 de marzo 2016).
- FAO. (2005a): Cultivos y productos forrajeros (NOTA) <http://www.fao.org/WAICENT/faoinfo/economic/faodef/FAODEFS/H190F.HTM> (10 de marzo del 2016).
- FAO. (2005b): Perfiles por país del recurso Pastura/Forraje, México. <http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/counprof/PDF%20files/Mexico-Spanish.pdf> (11 de marzo del 2016)
- FAO. (2014): Sistemas de Pastoreo. Prácticas para el control de la desertificación y le mejoramiento de la producción ganadera <http://www.fao.org/docrep/x5320s/x5320s0b.htm#Sistemasdepastoreo> (7 de marzo 2016).
- FAO. (2016), Producción y productos lácteos. Composición de la leche. <http://www.fao.org/agriculture/dairy-gateway/leche-y-productos-lacteos/composicion-de-la-leche/es/#.VuMdNfnhDtQ> (11 de marzo 2016)
- Ghesquière M, Humphreys M, y Zwierzykowski Z. (2010): Festulolium, Fodder Crops and Amenity Grasses, Handbook of Plant Breeding, 12. 293-316.
- Heredia-Nava D, Espinoza-Ortega A, González-Esquivel C, y Arriaga-Jordán C, (2007): Feeding strategies for small-scale dairy systems bases on perennial (*Lolium perenne*) or annual (*Lolium multiflorum*) ryegrass in the central highlands of Mexico, Tropical Animal Health and Production, 39, 179-188.
- Ibarra F. (1990): Importancia de los sistemas de pastoreo. Memorias De Los Festejos Conmemorativos Del 21 Aniversario Del CIPES, Sonora,

<http://www.patrocipes.org.mx/publicaciones/pastizales/P90001.php> (13 de marzo 2016).

INRA (2007): Alimentación de bovinos, ovinos y caprinos, Necesidades de los animales- Valores de los alimentos. Acribia, España

Lactodata. (2016): Boletín: Indicadores de Producción Leche de Bovino <http://www.lactodata.info/boletin/produccion-de-leche-de-vaca/> (25 de febrero de 2016).

Little T and Hills FJ. (1985): Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. 1<sup>er</sup> ed., Trillas, México.

López H. (1988): Especies forrajera mejoradas. En: Praderas para Chile. 1 ed. Editado por Ruiz N. I. 28-39, INIA, Chile.

Luna J, Ramírez A, Alarcón B. (2011): Evaluación de rendimiento, calidad y composición botánica de asociaciones y monocultivos en Chapingo, México. <http://zootecnia.chapingo.mx/assets/11luna-ramirez.pdf> (04 de abril de 2016).

Martínez E. (2009): La lechería en el Estado de México: Sistema productivo, cambio tecnológico y pequeños productores familiares en la región de Jilotepec. 1er ed. Bonilla Artigas. México.

Martínez-García C, Rayas-Amor A, Anaya-Ortega J, Martínez-Castañeda F, Espinoza-Ortega A, Prospero-Bernal F, y Arriaga-Jordan C. (2015): Performance of small-scale dairy farms in the highlands of central Mexico during the dry season under traditional feeding strategies, *Tropical Animal Health and Production*, 47(2):231-237.

McDonald P, Edward R, Greenhalgh J, Morgan C. (2002): Nutrición Animal. 6<sup>ta</sup> ed., Acribia, España.

- Messina E. (2004): Pastoreo Racional Intensivo (P.R.I.) Marca Liquida Agropecuaria, Córdoba, Argentina, 13(123): 17-19.
- Mtviewseeds.com. (2014): Ballico short- and long-term forage, ideal for dairy. Species Pay Day <http://www.mtviewseeds.com/forage/ryegrass.php> (10 de marzo de 2016).
- Muñoz F, Rodríguez R, Bravo F, Aguilar F y Valdiviezo R. (2007): Guía para cultivar pastos forrajeros, 1er ed. ICAMEX, México.
- Nieto D, Berisso R, Demarachi O y Scala E. (2012): Manual de buenas prácticas de ganadería bovina para la agricultura familiar. 1ra ed., FAO, Argentina
- Norma Oficial Mexicana NOM 155-SCFI-2012, (2012): Leche-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba. México, DF.
- OMS y FAO. (2011): Codex alimentarius, Leche y Productos Lácteos. 2da ed., FAO, Roma.
- Østrem L, Volden B, Steinshamn H, and Volden H, (2015): Festulolium fiber characteristics and digestibility as affected by maturity. Grass and Forage Science. 70: 341–352.
- Parga J, Teuber N, Balocchi O, Anwantedter V, Canseco C, Abarzúa A, Lopetegui J y Demanet R. (2007): Comportamiento del animal en pastoreo. Capítulo 5: 69-89. Editado por Teuber N., Balocchi O. y Parga J. INIA – Remehue / Universidad Austral de Chile, Osorno, Chile.
- PARSONS A.J. Y CHAPMAN D.F. (2000): The principles of pasture growth and utilization. En: Hopkins A. (Ed) Grass: Its production and utilization. pp. 31-89. Oxford, U.K.: Blackwell Science.



Peña F. (2002): Importancia del nitrógeno ureico de la Leche. Revista Acovez 27(1).

<https://encolombia.com/veterinaria/publi/acovez/ac271/revacovez27102-importancianitro> (16 de abril del 2016)

Pérez-Prieto L, Peyraud J, and Delagarde R, (2011): Pasture intake, milk production and grazing behavior of dairy cows grazing low-mass pastures at three daily allowances in winter. *Livestock Science*, 137, 151-160.

Pincay FP, Heredia ND, Rayas Amor A, Martínez CE, Vicente MF, Martínez FA y Arriaga JCM. (2013): Sustentabilidad económica de sistemas de producción de leche en pequeña escala: Efecto del pastoreo de praderas sobre costes de alimentación. En: Cavallotti B A., Martínez R. G. Vargas C. A, Valverde R B y Álvarez C F. (Coordinadores). *La ganadería en la seguridad alimentaria de las familias campesinas*. pp. 235- 241. Chapingo, México: Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo.

Pueblosamerica.com. (2016): Localidades de México <http://mexico.pueblosamerica.com/i/presa-del-tepozan/> (10 de febrero de 2016).

Rodríguez Y, Rodríguez R y Sosa A. (2007): La síntesis de proteína microbiana en el rumen y su importancia para los rumiantes. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 41 (4): 303-311.

SAGARPA. (2000): Situación Actual y Perspectiva de la producción de Leche de Ganado Bovino en México. <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Lists/Estudios%20de%20situacin%20actual%20y%20perspectiva/Attachments/20/sitlech99.pdf> (18 de marzo 2016).

SAGARPA. (2014): 7 Sistemas de producción de leche en granjas bovinas familiares (ficha técnica), México <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Sistema%20de%20producci%C3%B3n%20de%20leche%20en%20granjas%20bovinas%20familiares.pdf> (11 de marzo 2016).

Secretaria De Economía. (2012): Análisis Del Sector Lácteo En México, México [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) (29 de febrero 2016).

SEED RESEARCH OF OREGON (2007): Seed Research Forage Data Sheet, Spring Green Festulolium. Ficha técnica. [http://www.sroseed.com/resources/pdfs/Spring\\_Green.pdf](http://www.sroseed.com/resources/pdfs/Spring_Green.pdf) (07 de abril de 2016).

Shimada A. (2009): Nutrición animal, 2<sup>da</sup> ed., Trillas, México.

SIAP. (2015): Panorama de la lechería en México. [http://www.siap.gob.mx/wp-content/uploads/boletinleche/b\\_lecheenemar2015.pdf](http://www.siap.gob.mx/wp-content/uploads/boletinleche/b_lecheenemar2015.pdf) (11 de marzo 2016).

Tilley JMA y Terry RA. (1963): A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. The Grassland Research Institute, 104-111. En: ANKOM Technology. (2006). In vitro True Digestibility using the Daisy II Incubator. ANKOM TECHNOLOGY. <https://www.ankom.com/> (20 de agosto de 2015).

Uribe L y Torres E. (2011): Leche y lácteos. Panorama Agroalimentario. Dirección de Análisis Económico y consultoría. FIRA.

Van Soest, P.J, Robertson J.B, and Lewis B. A. (1991): Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides and relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74: 3583-3587.

Van Soest. (1974): Composition and nutritive value of forages, en: Forages the science of grassland agriculture. 3ª ed. Editado por Heath M, Metcalfe D, Barnes R.,53-57,Heatht Maurice Iowa, USA.

Varta E. (1976): Comparative growth of 'Grasslands Matua' prairie grass, 'S23 ryegrass an experimental cocksfoot, and 'Grasslands Kahu" timothy at Lincoln, Canterbury. Journal of Experimental Agriculture, 5:137-141.

Wattiux M. (2002a): Composición de la Leche y Valor nutricional. Instituto Babcock para la investigación y desarrollo internacional de la industria lechera. Universidad de Wisconsin-Madison. <https://search.library.wisc.edu/catalog/9910037813102121> (18 de marzo 2016).

Wattiux M. (2002b): Grados de condición corporal. Instituto Babcock para la investigación y desarrollo internacional de la industria lechera. Universidad de Wisconsin-Madison. <https://search.library.wisc.edu/catalog/9910037813102121> (18 de marzo 2016).