



Universidad Autónoma del Estado de México
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

“Evaluación de praderas de ciclo corto (*Lolium multiflorum* cv. Westerwold y *Festulolium* cv. spring Green) con vacas lecheras en pastoreo para SPLPE en el Altiplano central de México”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Presenta:

Rodrigo Ávila González

Asesores:

Dr. Carlos Manuel Arriaga Jordán

Dr. Felipe López González

Dr. Fernando Prospero Bernal

Revisores:

Dr. José Luis Bórquez Gastelum

Dr. Manuel González Ronquillo



El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca México Marzo de 2019

Índice

i.-AGRADECIMIENTOS	v
ii.-DEDICATORIAS.....	vi
iii.-RESUMEN.....	vii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Producción de leche en el mundo	3
2.2. Producción de leche en México	3
2.3. Importancia de los sistemas de producción de leche en pequeña escala	4
2.4. Estrategias de alimentación en los SPLPE	5
2.5. Sistemas de pastoreo	5
2.5.1. Pastoreo continuo	6
2.5.2. Pastoreo rotacional	7
2.5.3. Pastoreo racionado	7
2.6. Características del rye grass italiano o ballico italiano	8
2.6.1. Características generales	8
2.6.2. Características del Festulolium	9
2.6.3. Características del trébol blanco.....	9
2.7. Alimentación de bovinos productores de leche	9
3. JUSTIFICACIÓN.....	11
4. HIPÓTESIS	12
5. OBJETIVOS	13
5.1. Objetivo general.....	13
5.2. Objetivos específicos.....	13
6. MATERIALES	14
6.1. Material biológico.....	14
6.1.1. Establecimiento de las praderas	14
6.1.2. Pradera de corte	14
6.2. Material no Biológico.....	15
6.3. Material de campo.....	15

7.	MÉTODO	17
7.1.	Análisis estadístico.....	17
7.2.	Variables por evaluar de la producción animal.....	18
7.2.1.	Rendimiento de leche	18
7.2.2.	Composición química de leche	18
7.3.	Peso Vivo.....	18
7.4.	Condición corporal	18
7.5.	Variables evaluadas en la pradera.....	19
7.5.1.	Altura de la pradera.....	19
7.5.2.	Acumulación Neta de Forraje (ANF)	19
7.5.3.	Composición química del forraje de pradera y complementos alimenticios .	20
7.5.4.	Materia Seca (MS)	20
7.5.5.	Proteína Cruda (PC)	20
7.5.6.	Fibra Neutro Detergente y Fibra Ácido Detergente.....	21
7.5.7.	Energía Metabolizable	21
7.6.	Manejo del ganado.....	21
8.	LÍMITE DE TIEMPO.....	22
9.	LÍMITE DE ESPACIO	23
10.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
10.1.	Rendimiento productivo de los animales.....	24
10.1.1.	Rendimiento de leche	24
10.1.2.	Peso vivo y condición corporal.....	25
10.1.3.	Composición química de la leche	25
10.1.4.	Grasa en leche.....	26
10.1.5.	Proteína en leche	26
10.1.6.	Nitrógeno ureico en leche (NUL).....	27
10.2.	Evaluación de praderas.....	28
10.2.1.	Altura de la pradera.....	28
10.2.2.	Acumulación neta de forraje (ANF)	28

10.2.3.	Composición química del forraje de pradera y complementos alimenticios 29	
10.2.4.	Proteína Cruda (PC)	30
10.2.5.	Fibra Neutro Detergente y Fibra Ácido Detergente.....	30
10.2.6.	Digestibilidad Enzimática <i>in vitro</i> de la Materia Orgánica (DIVMO) y Energía metabolizable (EM)	31
11.	CONCLUSIONES.....	32
12.	BIBLIOGRAFÍA.....	33

AGRADECIMIENTOS

A la UAEMéx y la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por permitirme realizar mis estudios de licenciatura dentro de esta casa de estudios, a mis profesores de cada clase impartida que me ayudaron a formarme en este camino profesional.

Al Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) y a todas las personas que lo conforman por permitirme sus instalaciones para llevar a cabo este trabajo.

Al Doctor Carlos Manuel Arriaga Jordán por haberme invitado a realizar este trabajo de investigación, incorporarme a su equipo de trabajo y por la enseñanza y paciencia que ha tenido desde un principio.

A los Doctores Felipe López González y Fernando Prospero Bernal por su apoyo en cada parte de este trabajo, sus asesorías y consejos que fueron de gran utilidad a lo largo de este proceso.

A mis revisores, el Doctor Manuel González Ronquillo y el Doctor José Luis Bórquez Gastelum por el tiempo dedicado a este trabajo y por sus recomendaciones que fueron de gran ayuda.

Al productor participante, el Señor Gilberto Ruíz Colín por su disposición y ayuda en la elaboración de este experimento.

A Ana Karen por haber aportado mucho a este trabajo.

A mis compañeros del ICAR, integrantes del equipo de Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala por la ayuda brindada en todo el proceso.

DEDICATORIAS

A mis padres Héctor y Aurora por su apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida, sus consejos de cada día y ser mi ejemplo de vida.

A mis hermanos Héctor y José Carlos por cada uno de los momentos vividos y estar presentes en cada situación.

A toda mi familia por confiar en mí y siempre estar.

A mis profesores que me han llenado de conocimiento y enseñado muchas cosas valiosas.

Y Andrea mi compañera por ayudarme en cada instante.

RESUMEN

Los sistemas de producción de leche a pequeña escala (SPLPE) aportan poco más de un tercio de la producción nacional, siendo un medio importante para disminuir la pobreza en el sector rural. Un problema que afecta a estos sistemas de producción es el alto costo de insumos externos como lo son concentrados comerciales, además de la implementación de pajas y rastrojos en la alimentación del ganado lechero; estos insumos elevan los gastos de producción, dando como resultado una merma en las ganancias. Es por ello por lo que se está buscando evaluar y crear nuevas estrategias de alimentación que permitan generar una mayor redituabilidad a este tipo de sistemas.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del pastoreo continuo intensivo de dos gramíneas, *Lolium multiflorum* cv. *Westerwold* y *Festulolium* cv. *Spring Green* sobre el rendimiento y calidad fisicoquímica de la leche y el efecto en la condición corporal y peso de vacas en los SPLPE en el noroeste del Estado de México, además de la acumulación neta de forraje y composición bromatológica de las mismas.

El trabajo se llevó a cabo bajo un diseño experimental de parcelas divididas con una duración de 36 días, dividido en tres periodos experimentales de 12 días cada uno. Se pastó con seis vacas de las razas Holstein y Pardo Suizo, de contextos similares en cuanto a condición corporal, número de partos, peso vivo y rendimiento de leche antes de llevarse a cabo el experimento.

Las secuencias por periodo experimental de 12 días fueron las siguientes;

Tx1-Tx2-Tx1 y Tx2-Tx1 –Tx2; donde:

Tx1 – *Festulolium* cv. *Spring Green* + 5.0 kg de concentrado (4 kg maíz y 1 kg soya)

Tx2 – *Lolium multiflorum* cv. Westerwold + 5.0 kg de concentrado (4 kg maíz y 1 kg soya)

Al término del primer periodo, se cambió el tratamiento donde las vacas en Tx1 pasan a Tx2 y viceversa.

Los resultados de rendimiento de leche no presentaron diferencias entre los tratamientos evaluados ($P>0.05$), con un rendimiento promedio de 10.39 kg/día. Los valores correspondientes a la condición corporal y peso vivo fueron similares entre tratamientos ($P>0.05$); manteniendo un promedio de 2.57 para condición corporal y 449.83 kg para peso vivo.

Los contenidos de grasa, lactosa y proteína en leche fueron similares entre tratamientos ($P>0.05$), así mismo para la concentración de nitrógeno ureico en leche ($P>0.05$) con un promedio de 11.5 mg/dL. Las variables agronómicas como: altura de la pradera y acumulación neta de forraje, fueron similares entre tratamientos ($P>0.05$). El contenido de proteína cruda, FDN y FDA; así como la digestibilidad de la materia orgánica, y la energía metabolizable fueron similares entre los tratamientos ($P>0.05$). Se concluye que no existieron diferencias en las variables de desempeño animal, agronómicas de las praderas y composición química del forraje entre *Lolium multiflorum* cv *westerwold* y *Festulolium* cv *spring green*.

Palabras clave: *Lolium multiflorum* cv *Westerwold*, *Festulolium* cv *Spring Green*, pastoreo continuo, producción de leche, pequeña escala.

I. INTRODUCCIÓN

La producción de leche de bovino en México es una de las actividades económicas de gran importancia en el país, pues ésta no sólo tiene un valor nutritivo, sino que juega un papel fundamental en la economía del sector primario que permite una fuente de ingreso segura (SIAP, 2015).

Los sistemas de producción de leche en pequeña escala (SPLPE) son considerados como una opción de desarrollo rural de forma sustentable y se caracterizan por tener hatos de entre 3 a 35 vacas más sus reemplazos (Fadul-Pacheco *et al.*, 2013), se consideran importantes por representar un 37% de la producción en México (Hemme *et al.*, 2012).

Debido a que los costos de alimentación representan hasta el 70% de los gastos dentro de una explotación (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007) es de suma importancia desarrollar estrategias de alimentación que permitan optimizar los recursos dentro de la unidad de producción, como la implementación de forrajes cultivados destinados para el pastoreo que logren mantener una producción de leche eficiente (Arriaga-Jordán *et al.*, 1999) disminuyendo significativamente los costos totales de producción por la reducción de la dependencia de insumos externos, mejorando la viabilidad económica de unidad de producción en pequeña escala (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007).

La alimentación basada en el pastoreo intensivo de praderas cultivadas dentro de los SPLPE es una estrategia de baja inversión y alta producción de forraje de buena calidad y contribuye a conservar el medio ambiente (Arriaga-Jordán *et al.*, 1999).

El forraje proporciona al animal nutrimentos en la forma más económica. La principal razón de su bajo costo, comparado con otros alimentos, se debe a que

no es altamente demandado por otras especies, la disponibilidad del recurso en la naturaleza es muy alta y los insumos para su producción son baratos (Jiménez, 1989).

Debido a los cambios ocasionados por el calentamiento global, en los cuales los pronósticos dicen que puede existir lluvias erráticas, además de cambio en el patrón de lluvias, se hace necesario buscar alternativas en las praderas que resulten de alguna manera más económica y que sean persistentes en el tiempo, por lo tanto, el objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto del pastoreo continuo intensivo de dos gramíneas, *Lolium multiflorum* cv. *Westerwold* y *Festulolium* cv. *Spring Green* sobre el rendimiento y calidad fisicoquímica de la leche y el efecto en la condición corporal y peso de vacas en los SPLPE en el noroeste del Estado de México, además de la acumulación neta de forraje y composición bromatológica de las mismas.

1. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Producción de leche en el mundo

En el mundo aproximadamente 150 millones de familias tienen como principal fuente de ingreso la venta de leche y subproductos, en algunas ocasiones el autoconsumo de leche permite a las familias tener un alimento de alto valor nutritivo y a bajo costo (FAO, 2014). Este proceso se lleva a cabo bajo sistemas en pequeña escala, lo que les permite tener ingresos de manera rápida y constante en los países en desarrollo, dentro de los cuales se encuentra México, por lo que se considera esta actividad una alternativa viable de desarrollo en comunidades de escasos recursos (FAO, 2014).

1.2. Producción de leche en México

En México tras finalizar el cuarto trimestre de 2016, se obtuvieron datos que denotan un aumento en la producción de ésta en un 1.9% en comparación con la producción de 2015, pues en el año en curso se lograron producir 11 mil 607 millones de litros (SIAP, 2017a).

El aumento de esta producción se atribuyó principalmente a los estados de Jalisco, Guanajuato, Coahuila y Chihuahua por orden de peso en producción, pero el Estado de México disminuyó su volumen en un 1.4% (LACTODATA, 2017).

La industria de queso en México durante el 2016 produjo 324 mil toneladas con un valor de 15 mil 823 MDP, y creando trabajos e ingresos para los mexicanos involucrados dentro de la elaboración de estos derivados de la leche (SIAP., 2017 b).

En México durante el 2016 los estados con mayor aporte de volumen de leche fueron Jalisco, Coahuila, Durango y Chihuahua de acuerdo con su producción. El estado de México por su parte se encuentra en el séptimo puesto con una producción de 448,833 miles de litros, aportando el 4% del volumen nacional (LACTODATA, 2017).

1.3. Importancia de los sistemas de producción de leche en pequeña escala

En México, los SPLPE son considerados de gran importancia debido a su contribución para amortiguar la pobreza y generar empleo (Salas-Reyes *et al.*, 2015; Sainz-Sánchez *et al.*, 2016).

La producción de leche en pequeña escala del altiplano central encuentra como una alternativa ideal el cubrir la mayor parte de los requerimientos nutricionales de los bovinos mediante el pastoreo intensivo; de este modo se aprovechan las tierras de los productores y se reducen los costos de alimentación favoreciendo la rentabilidad y eficiencia de los hatos (Arriaga-Jordán *et al.*, 1999).

Los sistemas de producción de leche campesinos en el noreste del estado de México tienen niveles de tecnología y manejo de los animales muy variados., se pueden dividir en 3 grupos de acuerdo con lo anterior; especializado, de subsistencia y mixto (Espinoza-Ortega *et al.*, 2005). En todos ellos el factor común es que se busca que los ingresos provenientes de su actividad lechera solventen en gran medida los gastos familiares, sin embargo, en muchos casos es necesario buscar ingresos complementarios por medio de actividades extras al sector agrario, es por ello que los pequeños productores de leche no solo deben ser considerados como eso, sino también como importantes grupos en cuanto a desarrollo rural (Espinoza-Ortega *et al.*, 2005).

El pastoreo para hatos con un número reducido de animales despierta un interés económico en los productores, pues implica una reducción en la compra de insumos externos permitiéndoles participar en la producción del alimento de sus vacas y aunque representa también una inversión en maquinaria o mano de obra, selección de semilla y fertilización de la misma, ha demostrado ofrecer muchos beneficios y ser una forma mediante la cual se puede reciclar los nutrientes del suelo y dar un bienestar a los animales (Cherney y Cherney, 1998).

1.4. Estrategias de alimentación en los SPLPE

Los costos de alimentación representan cerca del 70% de los costos totales en los SPLPE, en donde el concentrado comercial puede representar gran parte de esos gastos (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007).

De acuerdo con Martínez-García *et al.* (2015), existe una relación inversamente proporcional entre el uso de forrajes de calidad cultivados dentro de los sistemas de producción de leche en pequeña escala y los elevados costos de la alimentación, ya que con mayor uso de los recursos propios de la explotación y menor compra de concentrados se logran establecer estrategias de alimentación menos costosas.

El uso de alimentos producidos dentro de las explotaciones para la elaboración de la dieta de las vacas lecheras, representa una opción para aumentar la rentabilidad y la viabilidad económica de los sistemas de leche en pequeña escala y su sustentabilidad (Fadul-Pacheco *et al.*, 2013).

La sustentabilidad de los sistemas de producción se compone por tres escalas; la agroecológica, la socio territorial y la económica; de estas tres escalas la limitante en los Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala, es la escala económica (Fadul-Pacheco *et al.*, 2013) esto debido a los bajos ingresos a raíz de la alta inversión en insumos externos (Martínez-García *et al.*, 2005), situación que se puede mejorar si se disminuyen los costos usando los recursos disponibles, produciendo y conservando forrajes de calidad (Arriaga-Jordán *et al.*, 2002).

La importancia de los recursos forrajeros adquiere mayor relevancia en virtud del drástico aumento de precio que han experimentado los alimentos balanceados y la tendencia a incrementarse indiscriminadamente (Jiménez, 1989).

1.5. Sistemas de pastoreo

Mejorar la utilización de las superficies disponibles dentro de los terrenos de los productores es importante para la correcta utilización de los recursos naturales y

esto va de la mano con la mejora en la producción de pastos y praderas de acuerdo con las características climáticas y las posibilidades del productor; todo ello con la finalidad de lograr obtener resultados económicos mediante la intervención animal, que transforma los forrajes en carne, leche y lana (Muslera y Ratera, 1991).

El forraje es considerado como el componente de mayor importancia y el de menor costo en la alimentación de la vaca lechera cuando se encuentra en grandes cantidades por la lluvia; y durante periodos de sequía los forrajes deben de ser conservados, como en el caso del ensilado para mantener los alimentos en buen estado en la época de escasez del año. Durante la época de lluvia los costos de la dieta se reducen considerablemente al existir abundancia de praderas. Sin embargo, para lograr el máximo aprovechamiento de las mismas es importante conocer los factores que influyen sobre el crecimiento de los forrajes tales como: especies forrajeras, clase de tierra, contenido de nitrógeno del suelo, fósforo, potasio, densidad del pastizal y estrategias de pastoreo. Que deberán de ser analizadas antes de establecer algún tipo de pradera (Chamberlain y Wilkinson, 2002).

A pesar de que en los sistemas de pastoreo se producen pérdidas de producción por rechazos y pisoteo, los sistemas de explotación de praderas y cultivos forrajeras que incluyen una fase de pastoreo permiten obtener buenos resultados económicos, pues se puede lograr un buen aprovechamiento del forraje disponible de acuerdo con el método de pastoreo utilizado (Pearson y Ison, 1994). Los sistemas de pastoreo son:

1.5.1. Pastoreo continuo

Consiste en que se lleva a cabo por todo el rebaño en toda el área de praderas, logrando que la producción diaria de forraje sea consumida por el ganado y los excedentes se dejan por selección del ganado. Como el crecimiento de la pradera va de acuerdo con la estación, se puede llevar a cabo variando el número de

animales de acuerdo con la cantidad de forraje disponible, sin embargo, en épocas de sequía se deberá dar a los animales alimentación suplementaria producida en otras áreas de la explotación (Muslera y Ratera, 1991).

Las ventajas de este tipo de sistema están en la economía por el menor uso de mano de obra y las desventajas tiene que ver con la selección del ganado por la pradera más tierna y apetecible, teniendo un consumo irregular de la pradera, así como los daños por el pisoteo en cuanto a la regeneración de la pradera (Jiménez, 1989).

1.5.2. Pastoreo rotacional

En este sistema la zona de pastoreo se divide en un número variable de parcelas desde 5 hasta 20 y el hato va pasando de una a otra según la disponibilidad del forraje, siendo la permanencia del ganado en cada parcela variable de acuerdo a la carga animal y a la cantidad de forraje, repitiendo esta acción consecutivamente hasta llegar al potrero inicial y repitiendo el ciclo durante la vida útil de la pradera; siempre se debe evitar agotarlo por completo y no ocasionar daños que afecten su rebrote (INIFAP, 2000).

Para este tipo de pastoreo es elemental conocer el tiempo de reposo que requerirá la pradera de acuerdo con las características del forraje, cuanto tiempo durará el ciclo de pastoreo, densidad del ganado a alimentar, así como el número de parcelas disponibles, todo ello para lograr alcanzar el objetivo de este sistema de pastoreo que es facilitar el aprovechamiento de la pradera sin que haya excesivos rechazos. (Muslera y Ratera, 1991).

1.5.3. Pastoreo racionado

Este sistema de pastoreo se realiza en bandas, gracias al desplazamiento de una cerca o hilo eléctrico una o dos veces por día, dando así poca opción al animal de seleccionar, siendo los rechazos mínimos y la distribución de heces uniforme. Dentro de sus ventajas se encuentra evitar el sobrepastoreo, ayudar a la

conservación de praderas como ballico italiano, coles y alfalfa (Muslera y Ratera., 1991).

1.6. Características del raigrás italiano o ballico italiano (*Lolium multiflorum*)

1.6.1. Características generales

El ballico anual o italiano (*Lolium multiflorum*) es nativo de las regiones del Mediterráneo sur de Europa y fue introducido a México en los años 70's (INIFAP, 2000).

L. multiflorum tiene hojas largas y anchas de color verde claro casi amarillento, es una planta bianual, pero en ciertas condiciones de manejo puede durar varios años. Existe una variedad seleccionada en Holanda que al no necesitar un período de vernalización es estrictamente anual y florece en el año de su establecimiento; conocida como variedad Westerwold (INIFAP, 2000).

La variedad Westerwold es un conocido cultivo forrajero anual, que tiene altas producciones de pasto durante época de lluvias, cuando la fertilidad del suelo es la correcta. Se caracteriza por su velocidad de establecimiento y permite un aprovechamiento tras las 6 semanas de plantada (Muslera y Ratera, 1991).

El sistema radicular de *L. multiflorum* es muy superficial, lo cual lo hace sensible a los efectos de la sequía y no tolera pastoreos largos sin sufrir reducción importante de su producción. En un sistema de pastoreo rotativo se pueden conseguir buenos rendimientos (Muslera y Ratera, 1991).

El ballico italiano, aunque con mayores rendimientos que el ballico perenne, exige un elevado estándar de cuidado y manejo pues no es resistente a las bajas temperaturas. Durante las primaveras húmedas este pasto tiende a formar semillas con rapidez y en consecuencia su tallo puede resultar leñoso con un bajo contenido de proteína y es necesario resembrarlo (Chamberlain y Wilkinson, 2002).

1.6.2. Características del Festulolium (Lolium perenne/L. multiflorum X Festuca pratense)

El festulolium es una planta forrajera obtenida a partir de cruzamientos de plantas del género *Festuca* con el género *Lolium*. Los híbridos naturales de éstas son estériles y por ello se comenzó con la obtención de variedades comerciales que eliminan esa desventaja (Muslera y Ratera, 1991).

La finalidad de esta mezcla es reunir la calidad de los *Lolium* con la productividad y rusticidad de *Festuca arundinacea* o *pratensis*; es decir, lograr mejor resistencia a la sequía que el ballico italiano, soportar mejor el pastoreo, tener mejor palatabilidad que solo la festuca, con establecimiento fácil y excelente crecimiento (Muslera y Ratera, 1991).

El festulolium es perenne, pero dentro de sus desventajas está su duración que es de tres a cinco años y se considera inferior a la de la Festuca alta y a la del ballico inglés.

1.6.3. Características del trébol blanco (*Trifolium repens*)

El trébol blanco (*Trifolium repens*) es la leguminosa tolerante y persistente bajo un amplio rango de sistemas de manejo, con un alto valor nutricional. Es susceptible a la sombra, por lo cual el manejo adecuado para mantener las pasturas bajas y así no cubrirlo con hojas es importante para conservar su contenido en la pradera (Muslera y Ratera, 1991).

Con la asociación de gramíneas y leguminosas se mejora la fertilidad del suelo respecto a los monocultivos. A esto se debe la fijación biológica de nitrógeno y ésto a su vez ayuda a mantener un sistema de pastoreo sostenible y distribución estacional de biomasa más homogénea (Zaragoza *et al.*, 2009).

1.7. Alimentación de bovinos productores de leche

En los sistemas de producción de leche, el rendimiento de los animales será determinado por el potencial genético de la vaca, su nutrición y su estado

sanitario; de los anteriores es la nutrición la más importante y está bajo control directo del ganadero (Chamberlain y Wilkinson, 2002).

Para los pequeños productores de leche es indispensable optimizar las estrategias de alimentación para el ganado pues esto tiene un impacto en el rendimiento de leche de las vacas, las ganancias que obtendrán, así como en qué tan sustentable será su producción. De manera tradicional se alimenta a los animales con gran cantidad de concentrado comercial, el cual llega a representar hasta el 33% de la dieta lo que implica altos costos, más un 27% de la dieta a base de pradera de corte y acarreo que en comparación con el pastoreo es 29% más costoso. Los cambios propuestos para lograr optimizar los sistemas de producción son: evitar el uso de rastrojo, reducir el concentrado comercial y ofrecer forraje de calidad hasta 67% de la dieta en época de lluvia y en época de secas incorporar el ensilado de maíz a la dieta, con ello se logrará mejorar respecto a rentabilidad y eficiencia (Velarde-Guillén *et al.*, 2017).

Resulta más conveniente el uso de praderas de buena calidad, riego en época de secas y administración de forraje para disminuir el uso de concentrado que resulta muy caro y procurar mejorar o al menos mantener la producción de leche. El sistema tradicional de los pequeños productores de leche que consta de concentrado y rastrojo de maíz demuestra un ahorro en pradera, pero un gasto mayor en concentrado, así como una disminución en la producción de leche debido al bajo valor nutricional del rastrojo, por lo que se llega a la conclusión de que lo mejor es administrar ensilado y pradera de ser posible para disminuir costos de alimentación para los productores (Arriaga-Jordán *et al.*, 2002).

La pradera es el alimento ideal para las vacas lecheras, pues una pradera de buena calidad permite a la vaca que pastorea producir una elevada cantidad de leche y lo logrará de forma más económica que mediante concentrados comerciales (Muslera y Ratera, 1991).

2. JUSTIFICACIÓN

La reducción de costos dentro de una producción de leche se considera de suma importancia, puesto que esto definirá las ganancias y la rentabilidad del hato. La alimentación de los animales del sistema de producción implica la mayoría de la inversión realizada, razón por la cual la investigación se centra en la obtención de información respecto a rendimiento de los animales con praderas de distintos costos, es de suma importancia colaborar en la correcta toma de decisiones para lograr que la rentabilidad de una unidad de producción sea mayor y, de esta forma, todo el sistema se beneficie al usar estrategias de alimentación que maximicen las ganancias. En la presente investigación se presentan dos opciones de praderas de buena calidad nutritiva y que pueden ser una opción para la alimentación de vacas lecheras.

3. HIPÓTESIS

No existen diferencias en el rendimiento y calidad fisicoquímica de la leche producida por vacas pastoreando dos variedades de gramíneas: raigrás anual (*Lolium multiflorum*) cv. *Westerwold* y *Festulolium* (*Lolium perenne*/*L. multiflorum* X *Festuca pratense*) cv. *Spring Green* en el noroeste del estado de México.

No existen diferencias en el rendimiento de forraje, contenido de materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y digestibilidad enzimática *de la materia orgánica* (DEMO) de dos variedades de gramíneas (*Lolium multiflorum* cv. *Westerwold* y *Festulolium* cv. *Spring Green*) en el noroeste del Estado de México.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Evaluar el rendimiento y calidad fisicoquímica de leche de vacas en pastoreo continuo intensivo de dos gramíneas: raigrás anual (*Lolium multiflorum*) cv. *Westerwold* y *Festulolium* (*Lolium perenne*/L.*multiflorum* X *Festuca pratense*) cv. *Spring Green*) así como la calidad del forraje en el noroeste del estado de México.

4.2. Objetivos específicos

-Estimar la altura (cm) de las praderas mediante medidor de plato ascendente como un indicador de las condiciones de pastoreo.

-Calcular la acumulación neta de forraje (ANF) como indicador de la producción de forraje por día expresada en kg MS/ha

-Analizar la composición química del forraje de praderas de las dos gramíneas en términos de contenidos de materia seca (MS), cenizas, materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FND), fibra detergente ácido (FDA), y digestibilidad *enzimática* de la materia orgánica (DEMO).

-Determinar el rendimiento de leche (kg/vaca/día) de vacas en pastoreo de praderas de ambas gramíneas.

-Determinar la composición química de la leche producida por las vacas: (grasa, proteína y lactosa (g/kg)).

-Analizar el contenido de nitrógeno ureico en leche (NUL) de la leche producida (mg/dl) para conocer si la relación proteínas-carbohidratos es la adecuada.

5. MATERIALES

5.1. Material biológico

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 6 vacas múltiparas de raza criolla encastadas con pardo suizo, que se encontraban en el tercer tercio de lactación, con un peso entre 415 y 480 kilogramos.

Las vacas consumieron pradera de corte una vez al día y se mantuvieron en pastoreo 9 horas por día, fueron sometidas a 3 periodos experimentales de doce días cada uno (9 días para adaptación y 3 días para muestreo y registro de datos).

5.1.1. Establecimiento de las praderas

Se utilizó una superficie de 1.5 ha la cual se dividió en dos subparcelas de 0.75 ha, en cada una se sembró una variedad de pasto.

La fecha de siembra fue el 25 de noviembre de 2016 con una densidad de siembra de 30 kg/ha de *Lolium multiflorum* cv. *Westerwold* y *Festulolium* cv. *Spring Green* y 3 kg/ha de trébol blanco (*Trifolium repens* cv. *Ladino*) en cada pradera.

La pradera 1 se estableció con *Festulolium* cv. *Spring Green* (*Lolium perenne*/L.*multiflorum* X *Festuca pratense*), la pradera 2 con *Lolium multiflorum* cv. *Westerwold*. Ambas se fertilizaron con una dosis de 58N-30P-00K y una vez establecidas se realizó una fertilización de mantenimiento con 100 kg de urea cada 28 días.

5.1.2. Pradera de corte

Compuesta por una mezcla de semillas, que a continuación se mencionan: Orchard (*Dactylis glomerata*), *Festulolium* (*Lolium perenne*/L. *multiflorum* X

Festuca pratense), trébol blanco (*Trifolium repens*), trébol rojo (*Trifolium pratense*) y avena (*Avena sativa*).

Se administraron 2.0 kg MS de concentrado por vaca/día, dividido en 2 raciones al día; mezcla de maíz molido y pasta de soya (80% maíz, 20% soya).

5.2. Material no Biológico

Báscula portátil electrónica Gallagher MR con capacidad para 1000 kg.

Báscula de reloj con capacidad de 20 kg

5.3. Material de campo

- Botes recolectores de leche de 80 ml.
- Etiquetas
- Hielera
- Báscula de reloj
- Libreta y bolígrafo

Para la recolección de pastos en pradera fue utilizado lo siguiente:

- Bolsas de plástico
- Marcadores permanentes
- Etiquetas
- Pastómetro, el cual es un medidor de plato ascendente para determinar altura de pasto, así como la disponibilidad del forraje en la pradera en un momento dado.

- Cuadrante de metal de 0.16 m² (0.40 m x 0.40 m).
- Jaulas de exclusión del pastoreo de 0.25 m² (0.50 m x 0.50 m)
- Tijeras de esquila
- Material de protección para el alumno (botas y overol)

6. MÉTODO

6.1. Análisis estadístico

El experimento se llevó a cabo de acuerdo con un diseño doble reversible 1-2-1/2-1-2 con seis vacas lecheras en lactación y 3 periodos experimentales de doce días cada uno (9 días de adaptación y 3 días de muestreo y registro de datos).

Las secuencias por periodo experimental de 12 días son:

Tx1-Tx2-Tx1 y Tx2-Tx1 –Tx2; donde:

Tx1 – Festulolium cv. Spring Green + 5.0 kg de concentrado (4 kg maíz y 1 kg soya)

Tx2 – Lolium multiflorum cv. *Westerwold* + 5.0 kg de concentrado (4 kg maíz y 1 kg soya)

Al término del primer período, se cambia el tratamiento donde las vacas en Tx1 pasan a Tx2 y viceversa.

El modelo estadístico utilizado es un diseño doble reversible (*Double Crossover*): cuyo modelo matemático es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + S_i + C_{ij} + P_k + T_l + e_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Variable de respuesta

μ = Media general

S_i = Efecto debido a la secuencia

C_{ij} = Efecto debido a la vaca dentro de secuencia

P_k = Efecto debido al periodo

T_l = Efecto debido al tratamiento

e_{ijkl} = Efecto debido a la variación residual

Los datos obtenidos se analizaron mediante análisis de varianza (alfa = $P < 0.05$) y para establecer las diferencias significativas se aplicó la prueba Tukey ($P < 0.05$).

6.2. Variables por evaluar de la producción animal

6.2.1. Rendimiento de leche

El peso de la leche por vaca se midió los últimos 3 días de cada periodo experimental en los ordeños de la mañana y de la tarde, utilizando una báscula de reloj con capacidad de 20 kg. Se utilizó el rendimiento diario promedio (kg leche/vaca/día) para el análisis estadístico.

Se obtuvo una muestra de leche al día, se realizó una alícuota al día con la leche de los ordeños de mañana y tarde tomando la proporción del rendimiento de cada ordeño, estas alícuotas fueron utilizadas para el análisis de la calidad fisicoquímica de la leche.

6.2.2. Composición química de leche

Se recolectó 70 ml de muestra de leche por medio de ordeño manual después de cada ordeño y se analizó en la unidad de producción para determinar su composición en cuanto a grasa, proteína y lactosa mediante el analizador de leche Ekomilk Bond Milk Analyzer. Modelo: Ekomilk Bond 5.

6.3. Peso Vivo

El peso vivo de las vacas (kg) se registró al inicio del experimento y al final de cada periodo experimental, para lo cual se utilizó una báscula electrónica portátil de barras con capacidad de 1000 kg.

6.4. Condición corporal

Se registró al inicio del experimento y al final de cada periodo experimental de acuerdo con la técnica descrita por Wattiaux (2002a), diseñada para una evaluación visual considerando una escala de 5 puntos:

1	Subcondicionamiento severo
2	Esqueleto obvio
3	Buen balance de esqueleto y tejidos superficiales
4	Esqueleto no tan obvio como tejidos superficiales
5	Sobrecondicionamiento

6.5. Variables evaluadas en la pradera

6.5.1. Altura de la pradera

Las mediciones de altura de cada pradera se registraron cada 12 días, de acuerdo con la técnica de plato ascendente descrita por Hodgson (1994), que consiste en un plato de aluminio que se desliza sobre una varilla central graduada en centímetros. Dicha varilla toca el suelo y el plato de aluminio es suspendido por la altura y densidad del forraje, lo que permite conocer la altura comprimida del forraje. La técnica consta de 20 mediciones en zigzag con un patrón de “W” cada 20 pasos, abarcando el área total de cada pradera

6.5.2. Acumulación Neta de Forraje (ANF)

El crecimiento del forraje en un periodo puede ser estimado de acuerdo con la ANF, 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 (Hodgson, 1994).

Se utilizaron seis jaulas de exclusión del pastoreo de 0.25 m² (0.50 m x 0.50 m) y 80 cm de alto por cada pradera colocadas de manera aleatoria para la determinación del crecimiento del forraje, a partir de cortes delimitando el área con un cuadrante de metal de 0.16 m² (0.40 m x 0.40 m). El primer corte

correspondiente al día 0 se realizó a un lado de la jaula de exclusión, y el segundo corte correspondiente al día 12 se realizará dentro de la jaula con el mismo cuadrante.

El pasto fue cortado al ras del suelo, con tijeras para esquila, y se determinó la materia seca. Por diferencia se estimó la acumulación neta de forraje y el resultado se expresó en kg de MS/ha, repitiendo el procedimiento en cada uno de los tres períodos de experimentación.

6.5.3. Composición química del forraje de pradera y complementos 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 de acuerdo con los procedimientos establecidos, siguiendo las técnicas de la AOAC (2007). Para la obtención de las muestras del forraje verde en la pradera se utilizó la técnica de pastoreo simulado que consiste en recolectar muestras de toda la pradera con la mano, de forma semejante a los cortes que hacen las vacas al pastorear, lo que permite tener un buen estimador de la calidad nutritiva del forraje consumido (Hodgson, 1994). Se realizó en cada una de las dos praderas el último día de medición de cada período experimental. Los componentes para determinar las muestras de pastoreo simulado de las praderas y para los complementos serán:

6.5.4. Materia Seca (MS)

Materia Seca (MS) se colocó las muestras en una estufa de aire forzado a 65°C durante 48 horas.

6.5.5. Proteína Cruda (PC)

Para determinar la proteína cruda (PC) que representa la combinación de la proteína verdadera y el nitrógeno no proteico, se utilizó el método Kjeldahl,

calculando el total de proteína cruda al multiplicar la cantidad de nitrógeno total presente en la muestra por 6.25 (AOAC, 2007).

6.5.6. Fibra Neutro Detergente y Fibra Ácido Detergente

Las fracciones de fibra se determinaron en términos de fibra neutro detergente (FDN) con alfa amilasa y de fibra ácido detergente (FDA) ambas sin corrección de cenizas. Se determinó la digestibilidad *in vitro* de MS según el método de incubación enzimática (Sainz, 2016).

6.5.7. Energía Metabolizable

Energía metabolizable (EM) Se estimó la EM con base en la metodología del AFRC (1993):

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

Donde $k=0.01557$ y $OMD=$ Digestibilidad de la materia orgánica calculada a partir de: $IVOMD * (1000 - \text{cenizas}) / 1000$, donde $IVOMD \text{ (g/kg OM)}$ = digestibilidad de la materia orgánica *in vitro*.

6.6. Manejo del ganado

Después del ordeño de la mañana (06:00 h) y tarde (17:30 h) se suministraron 2.5 kg de materia fresca de una mezcla de maíz molido y pasta de soya, en una relación de 80% maíz y 20% soya, además se le dio a cada una de las vacas pradera de corte *ad libitum* por las tardes compuesta de gramíneas y leguminosas.

El ordeño se realizó a mano. Las vacas se llevaron a la pradera y fueron distribuidas de acuerdo con la secuencia de tratamiento correspondiente. El pastoreo será continuo intensivo durante 9 horas (08:30 a 17:30 h), más agua *ad libitum*.

7. LÍMITE DE TIEMPO

La fase experimental tuvo una duración de 36 días, dividida en tres períodos de 12 días cada uno (9 días de adaptación y tres días de toma de muestras) se realizará durante la temporada de lluvias del jueves 4 de junio al miércoles 15 de julio de 2017.

Los períodos se dividirán como a continuación se muestra:

- Período 1 (PI) 5 de junio al 16 de junio
- Período 2 (PII) 16 de junio al 28 de junio
- Período 3 (PIII) 28 de junio al 10 de julio.

8. LÍMITE DE ESPACIO

La unidad de producción de leche en pequeña escala donde se realizó el trabajo experimental se ubica en el Ejido San Jerónimo, pertenece al municipio de Aculco, el cual tiene una superficie de 465.7 kilómetros cuadrados ubicado a una altitud de 2460 metros sobre el nivel del mar, localizada al Noroeste del Estado de México, colinda al Norte con el municipio de Polotitlán y el Estado de Querétaro, al Sur con el municipio de Acambay, al Este con el municipio de Jilotepec y al Oeste igualmente con el Estado de Querétaro.

Su región está considerada como una zona de clima templado subhúmedo, con lluvias en verano. La temperatura media anual es de 13.2°C teniendo las más bajas por los meses de noviembre a febrero y que llegan a ser menos cero, ocasionando heladas. (Enciclopedia de municipios y delegaciones, 2005), la temporada de lluvias inicia a finales de marzo o principios de abril, hasta octubre o noviembre. Su precipitación pluvial promedio anual es de 699.6 milímetros. (Enciclopedia de municipios y delegaciones, 2005).



9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

9.1. Rendimiento productivo de los animales

Dentro de las variables de producción animal analizadas se encuentran: rendimiento de leche, peso vivo y condición corporal que se describen en el cuadro 1.

Cuadro 1. Variables de respuesta animal por tratamiento

Variables	Tx1	Tx2	Media	EEM	Valor de P
Rendimiento de leche (kg/vaca/día)	10.10	10.68	10.39	0.80	0.75 ^{NS}
Peso de los animales(kg)	450.89	448.78	449.83	3.19	0.184 ^{NS}
Condición corporal (1-5)	2.58	2.56	2.57	0.11	1.000 ^{NS}

*Tx1= *Festulolium* cv. *Spring Green* Tx2= *Lolium multiflorum* cv. *Westerwold*; NS= No significativo (P>0.05) EEM= Error estándar de la media

9.1.1. Rendimiento de leche

En la tabla 1 se observan los resultados obtenidos del rendimiento de leche de los animales, no existen diferencias significativas (P>0.05) entre los tratamientos, sin embargo, se observó que durante el Tx2 se obtuvo una producción ligeramente superior por 0.58 kg de leche respecto al Tx1.

Respecto al promedio de producción de leche en las vacas se obtuvo un rendimiento de 10.39 kg/vaca/día; valor diferente a Celis *et al.* (2016) en su estudio realizado en SPLPE en el altiplano central de México, en donde se encontró un rendimiento de leche de 15.5 kg/vaca/día, esto se puede deber mayormente a la etapa de lactación que se encontraban las vacas, ya que en el trabajo de Celis *et al.* (2016) las vacas se encontraban entre el primer y el

segundo tercio de lactación. Se obtuvieron valores similares a los reportados por Hemme *et al.* (2003) respecto a la producción de leche en vacas de la India bajo sistemas de producción de pequeña escala cuyo promedio es de 10.07 kg/vaca/día.

La producción de leche obtenida durante el tratamiento con *Festulolium cv. Spring Green* fue de 10.10 kg/vaca/día, valor diferente de los resultados obtenidos por López-González *et al.* (2017) con 15.8 kg/vaca/día.

9.1.2. Peso vivo y condición corporal

El promedio del peso vivo de los animales fue de 450 kg/vaca, no se observaron diferencias significativas ($P>0.05$) entre tratamientos. Estos resultados son menores a lo reportado por Alfonso-Ávila *et al.* (2012) quienes reportan valores promedio de 507 kg.

La condición de las vacas durante el experimento se mantuvo similar desde el inicio hasta el final con un puntaje promedio de 2.6 considerado en una escala del 1 a 5 puntos. Estos resultados son similares a los reportados por Anaya-Ortega *et al.* (2009), con valores para condición corporal de 2.6, sin embargo, son mayores a Heredia-Nava *et al.* (2007) en donde se registraron valores de 1.6. La condición corporal es un parámetro con un rango amplio a evaluar ya que cada individuo tiene su propio criterio de apreciación.

9.2. Composición química de la leche

La composición química de la leche (cuadro 2) fue similar entre tratamientos ($P>0.05$).

Cuadro 2. Promedio de composición química (g/ kg) y concentración de Nitrógeno Ureico en Leche (mg/dL) de cada tratamiento.

Variables	Tx1	Tx2	Media	EEM	Valor de P
Grasa (g/kg de leche)	40.00	38.30	39.10	0.14	0.086 ^{NS}
Proteína (g/kg de leche)	30.80	30.80	30.80	0.03	0.929 ^{NS}
NUL (mg/dL)	11.65	11.41	11.53	0.76	0.252 ^{NS}

*Tx1= *Festulolium* cv. *Spring Green* Tx2= *Lolium multiflorum* cv. *Westerwold*; NS= No significativo (P>0.05) EEM= Error estándar de la media NUL=Nitrógeno Ureico en Leche

9.2.1. Grasa en leche

De acuerdo con la NMX-F- 700-COFOCALEC-2004: Sistema producto, leche alimento lácteo leche cruda de vaca especificaciones fisicoquímicas sanitarias y métodos de prueba; los resultados obtenidos respecto a la cantidad de grasa (Tabla 2) en la leche está dentro de los parámetros aceptables (≥ 32 g/kg) en ambos tratamientos siendo 40 y 38.3 g/kg respectivamente.

Los resultados para grasa fueron diferentes a los reportados por Heredia-Nava *et al.* (2007) y a López *et al.* (2017) quienes obtuvieron datos equivalentes a 29.2 g/kg y 34.26 g/kg respectivamente en animales bajo sistemas de producción de leche en pequeña escala.

El aumento en los valores de grasa que se obtuvieron respecto a Heredia-Nava *et al.* (2007) y López *et al.* (2017) puede asociarse a la producción de kg de leche diaria por vaca, puesto que a menor producción de leche mayor concentración de componentes en la leche debido al efecto de dilución (Saborío, 2011).

9.2.2. Proteína en leche

En los resultados de proteína (Tabla 2) no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (P>0.05) manteniendo un promedio de 30.8 g/kg, datos similares a lo reportado por Fadul-Pacheco *et al.* (2013) con 31g/kg bajo

sistemas de producción de leche en pequeña escala bajo una alimentación en pastoreo, corte y acarreo de praderas.

De acuerdo con las especificaciones fisicoquímicas establecidas por la NMX-F-700-COFOCALEC-2004 respecto a la proteína el valor esperado deberá ser ≥ 31 g/kg de leche, valor muy cercano al obtenido 30.8 g/kg.

9.2.3. Nitrógeno ureico en leche (NUL)

El nitrógeno ureico en leche puede ser usado como un indicador de adecuación de proteína y del balance entre energía y proteína que debe de existir dentro de las dietas de vacas en lactación, así como un predictor de la excreción de nitrógeno urinario. Siendo un indicador de la eficiencia del nitrógeno de los hatos de vacas lecheras y cuyos resultados facilitan el minimizar la excreción de N al medio ambiente. (Wattiaux *et al.*, 2005).

La proteína es uno de los componentes principales dentro de la alimentación de las vacas lecheras y el de mayor costo en la alimentación. Por ello, la concentración de urea en la leche es un indicador del estado nutricional proteico del animal, el cual nos permite realizar ajustes en la relación de alimentos proteicos con respecto a los energéticos, ya que un exceso o deficiencia de nitrógeno en la dieta, manifestaría repercusiones negativas sobre el desempeño productivo, dado a que la urea, se ve afectada por factores estrechamente relacionados con la alimentación (Pardo *et al.*, 2008). De acuerdo con Nousiainen *et al.* (2004) la medición de la concentración o secreción de NUL se puede utilizar para controlar las emisiones de N ambientales asociadas con la producción de leche mediante en manejo de la nutrición proteica de vacas lecheras.

En la concentración de NUL no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0.05$), presentando una media general de 11.5 mg/dl siendo este un valor muy cercano al rango de dietas con un correcto balance entre proteína y carbohidratos según Cerón *et al.* (2014), que abarca de 12-15 mg/dl como 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).

Al encontrar el valor de NUL ligeramente por debajo del rango mínimo que Cerón *et al.* (2014) y la proteína de la leche está en 3.08 g/kg como en el caso del presente estudio, la dieta puede ser considerada como una dieta con baja proteína degradable en rumen.

9.3. Evaluación de praderas

9.3.1. Altura de la pradera

El cuadro 3 representa los promedios de altura comprimida de cada pradera durante el experimento. Al inicio del experimento, la pradera 1 tuvo una altura promedio de 21.1 cm y al finalizar el experimento tenía una altura de 14.5 cm.

En cambio, la pradera 2 inició con una altura de 19.45 cm y finalizó con una altura de 12.5 cm.

Cuadro 3. Promedio de altura de cada pradera.

Variable	Pradera 1 (cm)	Pradera 2 (cm)	Media	EEPM	EEpm
Altura	17.3	12.32	14.81	3.51 ^{NS}	5.12 ^{NS}

EEPM=Error Estándar de la Media de la Pradera Mayor; **EEpm**=Error Estándar de la Media de la Pradera Menor; **NS**=No Significativo (P>0.05).

9.3.2. Acumulación neta de forraje (ANF)

En el cuadro 4, se presenta la ANF total y por día (kg MS/ha) y el promedio de las dos praderas que conformaron los dos tratamientos y acumulación neta de forraje

total y por día (Kg MS/ ha por día) de cada uno de los tres periodos en el cual se observa que por tratamiento y por periodo no existen diferencias significativas ($P>0.05$).

Cuadro 4. Resultados de la Acumulación Neta de Forraje (ANF) por pradera.

Variable	Pradera 1 (Kg MS/ha)	Pradera 2 (Kg MS/ ha)	Media	EEPM	EEpm
ANF	839	776	807.5	44.99 ^{NS}	188.29 ^{NS}
ANF/día	23.30	21.55	22.42	-	-

ANF=Acumulación Neta de Forraje; **EEPM**=Error Estándar de la Media de la Pradera Mayor; **EEpm**=Error Estándar de la Media de la Pradera Menor; **NS**=No Significativo ($P>0.05$).

9.3.3. Composición química del forraje de pradera y complementos alimenticios

Para conocer el valor nutritivo de los alimentos implementados, son necesarias dos vertientes principales: su composición química y su digestibilidad. Su composición química es su concentración de contenido celular (PC y MO) y el contenido fibroso (pared celular).

El cuadro 5 muestra la composición química de las dos variedades de gramíneas. No se observaron diferencias estadísticamente significativas de los componentes entre ambas variedades ($P>0.05$).

Cuadro 5. Composición química de las dos variedades de gramíneas (g/Kg de MS).

Variable	Pradera 1 (g/Kg)	Pradera 2 (g/Kg)	Media	EEMPM	EEMpm
PC	101.1	106.3	103.7	3.7 ^{NS}	18.72 ^{NS}
FDN	615.7	626.1	620.9	7.33 ^{NS}	24.41 ^{NS}
FDA	320.28	331.76	326.02	8.12 ^{NS}	11.83 ^{NS}
DIVMO	722.1	723.6	722.85	1 ^{NS}	43.74 ^{NS}
EM	10.773	10.768	10.77	0.0035 ^{NS}	0.67 ^{NS}

PC=Proteína Cruda; FDN=Fibra Detergente Neutro; FDA= Fibra Detergente Ácido; DIVMO= Digestibilidad *in vitro* de la MO; EM=Energía Metabolizable; EEMPM=Error Estándar de la Media de la Pradera Mayor; EEMpm=Error Estándar de la Media de la pradera menor; NS=No Significativo (P>0.005)

9.3.4. Proteína Cruda (PC)

El promedio de las dos praderas evaluadas en este estudio es de 103.7 (g/kg MS), resultados que se encuentran por debajo a los reportados por Heredia-Nava *et al.* (2007) con 209 g/kg MS.

El contenido de PC de los forrajes está directamente relacionado con su estado de madurez. Bargo (2002) menciona que un forraje de alta calidad es aquel que presenta de 180 a 240 g/kg MS de PC.

9.3.5. Fibra Neutro Detergente y Fibra Ácido Detergente

La concentración de fibra en el forraje es de gran importancia, ya que es un factor estructural que está ligado con el consumo de MS y la concentración energética del mismo. El material fibroso por ser de lenta digestión y evacuación del rumen limita el consumo por el efecto físico de llenado sobre el rumen. Por tal motivo, si un alimento incrementa su contenido de FDN y FDA va a disminuir tanto el consumo de MS, como la digestibilidad de la misma (Van Soest, 1991).

En cuanto al contenido de FDN se obtuvo un promedio de 615 g/kg MS para *Festulolium* cv spring green, ligeramente inferior al *Lolium multiflorum* cv westerwold que obtuvo un promedio de 626.1 g/kg MS.

Por otra parte, el contenido de FDA fue de 320.28 g/kg MS para *Festulolium* cv spring green que de igual manera se presenta de una forma ligeramente inferior a *Lolium multiflorum* cv westerwold con 331.76 g/kg MS; aunque no se observó ninguna diferencia significativa ($P>0.05$).

Los valores aquí citados para FDN son mayores a Plata (2016) con 572.16 g/kg MS, trabajo que es basado en pastoreo.

En contraste a los valores de FDA son mayores a los reportados por Albarrán *et al.* (2012) con 307 g/kg MS, Plata (2016) con 262.36 g/kg MS y Gómez (2016) con 235.4g/kg MS.

9.3.6. Digestibilidad Enzimática Materia Orgánica (DEMO) y estimación de Energía Metabolizable (EM)

Los resultados de la DEMO se muestran en el Cuadro 5 con la que fue realizada 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).

El contenido esperado 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 10.77 MJ/Kg MS, similares a lo reportado por Albarrán *et al.* (2012) con 11.4 MJ/Kg MS en praderas cultivadas de Ballico perenne.

10. CONCLUSIONES

De acuerdo con lo propuesto al principio de este trabajo y tomando en cuenta los resultados obtenidos, se concluye que la hipótesis es aceptada debido que no existen diferencias en el rendimiento y de la leche, asimismo en el peso vivo y la condición corporal de las vacas en pastoreo continuo en praderas cultivadas con *Lolium multiflorum cv westerwold* y *Festulolium cv spring green*.

Posteriormente a la evaluación de las praderas y evaluar el rendimiento y calidad fisicoquímica de leche de vacas en pastoreo continuo intensivo de dos gramíneas (*Lolium multiflorum cv. Westerwold* y *Festulolium cv. Spring Green*) así como la calidad del forraje en el noroeste del Estado de México.

Evaluar el rendimiento y calidad fisicoquímica de leche de vacas en pastoreo continuo intensivo de dos gramíneas (*Lolium multiflorum cv. Westerwold* y *Festulolium cv. Spring Green*) así como la calidad del forraje en el noroeste del Estado de México ha mostrado en los resultados, características que se deduce que son adecuadas para su utilización en los sistemas de producción de leche en pequeña escala, sin embargo, es sugerible la realización de estudios que nos permitan conocer algunas otras características tales como gustocidad, consumo voluntario, entre otros.

Además, ambas variedades de gramíneas demostraron un buen desarrollo presentando rusticidad, característica que ayuda a ser implementada en terrenos ligeramente áridos siendo una opción forrajera.

11. BIBLIOGRAFÍA

1. AFRC, (1993): Animal and Food Research. Energy and Protein Requirement of Ruminants, CAB International, Wallingford, UK.
2. Alfonso-Ávila A, Wattiaux M., Espinoza Ortega A., Sánchez-Vera E and Arriaga-Jordán C. (2012): Local feeding strategies and milk composition in small-scale dairy production systems during the rainy season in the highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*. 44:637-644
3. Anaya J., Garduño G., Espinoza A., Rojo R. y Arriaga C. (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. *Tropical Animal Health and Production*. 41: 607-616
4. AOAC International. (2007): Official methods of analysis, Gaithersburg, MD.
5. Arriaga Jordán, Carlos; Albarrán Portillo, Benito; Espinoza, Angélica; García Martínez; Castelán Ortega, Octavio. (2002) On-farm comparison of feeding strategies based on forages for small-scale dairy production systems in the highlands of central Mexico, *Expl Agric* (38) 375-388
6. Arriaga-Jordán, C. M., Espinoza-Ortega, A., Albarrán-Portillo, Benito; Castelán Ortega, Octavio. (1999): Producción de leche en pastoreo de praderas cultivadas: una alternativa para el Altiplano Central. *Ciencia Ergo Sum*, 6 (3).
7. 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. <http://www.agro.uba.ar/sites/default/files/catedras/bargo.pdf> (10 de septiembre de 2015).

8. 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. Imprenta América, Chile. pág. 23- 49.
9. Celis M.D., López F., Martínez C. G., Estrada J. G., Arriaga C.M., (2016): Ensilado de avena-ballico para Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala en el altiplano central de México. Innovación sostenible en pastos: Hacia una agricultura de respuesta al cambio climático. Sociedad española para el estudio de pastos. Lugo-A Coruña. pág. 297-201.
10. Cerón-Muñoz, M F, Henao-Velásquez, A F, Múnera-Bedoya, O D, Herrera-Ríos, A C, Díaz-Giraldo, A, Parra-Moreno, A M, & Tamayo-Patiño, C H (2014): Concentración de nitrógeno ureico en leche. Interpretación y aplicación práctica. Editorial Biogénesis, 1(1), 26.
11. Chamberlain T. y Wilkinson. (2002): Alimentación de la vaca lechera. Zaragoza, España: Acriba.
12. Cherney J. H. y Cherney D. J. R. (1998): Grass for dairy cattle, CABI publishing Cambridge, UK
13. COFOCALEC-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.
14. Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México (2005): Disponible en: <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM15mexico/index.html> (consultado el 20 de diciembre de 2017)
15. Espinoza-Ortega, A., Álvarez-Macías, A., del Valle, M.C., Chauvet, M. (2005): La economía de los sistemas campesinos de producción de leche en el Estado de México. Técnica Pecuaria en México, 43: 39-56

16. Espinoza-Ortega, A., Espinosa-Ayala, E., Bastida-López, J., Castañeda-Martínez, T., Arriaga-Jordán, C.M. (2007): Small-scale dairy farming in the highlands of Central Mexico: technical, economic and social aspects and their impact on poverty. *Expl. Agric.*, 43:241-256.
17. F. López-González, M. Rosas-Dávila, M.D. Celis-Alvarez, E. Morales-Almaraz, I.A. Domínguez-Vara and C.M. Arriaga-Jordán. (2017): Milk production under grazing of different pasture grasses in small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico. *Journal of Livestock Science* (ISSN online 2277-6214) 8: 92-97
18. Fadul-Pacheco, L., Wattiaux, M.A., Espinoza-Ortega, A., Sánchez-Vera, E., Arriaga-Jordán, C.M. (2013): Evaluation of sustainability of small-scale dairy production systems in the highlands of Mexico during the rainy season. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 37: 882-901.
19. FAO. (2014): Producción lechera en el Mundo. <http://www.fao.org/agriculture/dairy-gateway/produccionlechera/es> (16 de septiembre de 2017).
20. FAOSTAT (2017): Dates about Livestock Primary. Statistics Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL> (13 de diciembre de 2017)
21. Hemmet, Garcia O. and Saha A. (2003): A Review of Milk Production in India with Particular Emphasis on Small-Scale Producers. FAO. Rome, Italy.
22. Hemmet, Dairy Researchers (2012): A summary of results from the IFCN Dairy Report 2012, International Farm Comparison Network, IFCN Dairy Research Center, Kiel, Germany.
23. Heredia D, Espinoza A, Gonzalez E, Arriaga C. (2007): Feeding strategies for small-scale dairy system based on perennial (*Lolium perenne*) or annual (*Lolium multiflorum*) ryegrass in the central highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 39:179-188.
24. Hodgson, J. (1994): Manejo de pastos, teoría y práctica. Diana, México.

25. INIFAP (2000): Características descriptivas del ballico anual y perenne en las zonas templadas de México. Fundación produce. México. <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/2458/Caracteristicas%20descriptivas%20del%20ballico%20anual%20y%20perenne%20en%20las%20zonas%20templadas%20de%20mexico.pdf?sequence=1>
26. Jiménez M A. (1989): La producción de forrajes en México, Universidad Autónoma de Chapingo, México
27. Klein F. (2003) Nutrición de vacas a pastoreo en: Utilización de praderas y nutrición de vacas en pastoreo. Centro Regional de investigación Remehue. Chile. Pag. 61 66
28. LACTODATA (2017): Indicadores de Producción Leche de Bovino (en línea) Fecha de consulta 12/11/17. Disponible en: <http://www.lactodata.info/boletin/produccion-de-leche-de-vaca/>
29. Martínez-García, C.G., Rayas-Amor, A.A., Anaya-Ortega, J.P., Martínez-Castañeda, F.E., Espinoza-Ortega, A. Prospero-Bernal, F. and Arriaga-Jordán, C.M., (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: 331-337.
30. Muslera, P. E. y Ratera, G. C. (1991): "Praderas y Forrajes Producción y Aprovechamiento". 2ª Ed. Mundi-Prensa, España.
31. NRC. (2001): National Research Council. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Seventh Revised Edition. National Academy Press, Washington, DC.
32. Pardo O., Carulla J. y Hess H. (2008): Efecto de la relación proteína y energía sobre los niveles de amonio ruminal y nitrógeno ureico en sangre y leche, de vacas de doble propósito del piedemonte llanero, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 21: 387-397.
33. Pearson C. J. y Ison R. L. (1994): *Agronomía de los sistemas pastoriles*. Segunda edición, Editorial Hemisferio sur, Argentina.

34. Saborío M. A. (2011): Factores que influyen el porcentaje de sólidos totales de la leche. Revista: Escuela Centroamericana de Ganadería ECAG, 56: 70-73.
35. Reyes I. G., Arriaga-Jordán C.M., Rebollar-Rebollar S., García-Martínez A., et al. (2015): Assessment of the sustainability of dual purpose farms by the IDEA method in the subtropical area of central Mexico. Tropical Animal Health Production, 47(6): 1187–1194.
36. Sainz-Sánchez P.A., López-González F., Estrada-Flores J.G., Carlos Galdino Martínez-García C., Arriaga-Jordán C.M. (2016): Effect of stocking rate and supplementation on performance of dairy cows grazing native grassland in small-scale systems in the highlands of central Mexico Tropical Animal Health Production, 49(1):179-186.
37. Sainz A. (2016): “Comparación de dos métodos *in vitro* para estimar la digestibilidad de ensilados de maíz (*Zea mays*) de sistemas de producción de leche en pequeña escala”. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México.
38. SIAP (2017a): Panorama de la leche en México: Boletín informativo SIAP-SAGARPA Disponible en: file:///C:/Users/HP/Desktop/Bibliograf%C3%ADa%20Ro/33%20Boletin_Leche_enero-marzo_2017.pd (11 de noviembre de 2017).
39. SIAP (2017b): Boletín de leche enero-marzo de 2017 Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boletlech/Boletin_Leche_enero-marzo_2017.pdf (11 de noviembre de 2017).
40. SIAP (2015): Panorama de la lechería en México. Disponible en: http://www.siap.gob.mx/wpcontent/uploads/boletinleche/Brochure_leche_DIC2015pdf (11 de diciembre de 2017).
41. Van Soest, P.J. (1994): Nutrition ecology of the ruminant. 2nd ed. Comstock, Cornell University Press. U.S.A. University Press. U.S.A.

42. Van Soest, P.J. Robertson, Lewis A. (1991): Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal Dairy Science*, 74:3583–3597.
43. Velarde-Guillén José, López-González Felipe, Gertrudis Estrada Flores Julieta, Rayas-Amor Adolfo Armando, Nava Heredia, Vicente Fernando, Martínez-Fernández Adela and Arriaga-Jordán (2017): Productive, economic and environmental effects of optimised feeding strategies in small-scale dairy farms in the Highlands of Mexico. *Journal of Agriculture and Environment for International Development* 111 (1): 225-243
44. Wattiaux M. (2002a): Grados de condición corporal. Instituto Babcock para la investigación y desarrollo internacional de la industria lechera. Universidad de Wisconsin-Madison. Disponible en: <https://search.library.wisc.edu/catalog/9910037813102121> (29 de diciembre de 2017).
45. Wattiaux MA (2002b): 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> (29 de diciembre de 2017).
46. Wattiaux M. A., Nordheim E. V., and Crump P. (2005): Statistical Evaluation of Factors and Interactions Affecting Dairy Herd Improvement Milk Urea Nitrogen in Commercial Midwest Dairy Herds. *J. Dairy Sci.* 88:3020–3035.
47. Zaragoza E J, A Hernández G, J Pérez P, J G Herrera H, F Osnaya G, P A Martínez H, S González M, A R Quero C (2009): Análisis de crecimiento estacional de una pradera asociada alfalfa–pasto ovillo. *Téc. Pecu. Méx.* 47:173–188.