



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MEXICO**  
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**EVALUACION DE TRES VARIEDADES DE GRAMINEAS DE CLIMA  
TEMPLADO (*Ballico perenne cv. Payday y cv. Bargala vs Festulolium  
cv Spring Green*) PARA EL PASTOREO DE VACAS LECHERAS EN  
SISTEMAS DE PRODUCCION DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA EN  
EL NOROESTE DEL ESTADO DE MEXICO**

**TESIS**

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

PRESENTA

**MELCHOR ROSAS DAVILA**

**ASESORES:**

DR. CARLOS MANUEL ARRIAGA JORDÁN

DR. FELIPE LÓPEZ GONZÁLEZ

DR. ERNESTO MORALES ALMARAZ

**REVISORES:**

DR. JOSE LUIS BORQUEZ GASTELUM

DR. IGNACIO ARTURO DOMINGUEZ VARA



Toluca, Estado de México; Julio de 2016

## RESUMEN

El uso de praderas cultivadas en los sistemas de producción de leche en pequeña escala (SPLPE) representa económicamente una muy buena opción para la alimentación de vacas lecheras, debido a que se puede reducir de alguna manera los costos de alimentación de las vacas. El objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta productiva de vacas lecheras en pastoreo continuo de praderas de ballico perenne (*Lolium perenne* cv *Payday* y cv *Bargala*), en comparación con el *Festulolium* (*Lolium multiflorum* x *Festuca pratensis* cv *Spring Green*) por 6 semanas, así mismo evaluar las características agronómicas y nutricionales del forraje de las praderas y de los complementos utilizados, adicional al pastoreo. Todas las vacas, recibieron 5 kg/vaca/día de concentrado comercial con una concentración de 180 g/kg MS de PC.

El experimento se llevó a cabo bajo un diseño experimental de cuadro latino 3x3 repetido, se utilizaron seis vacas de raza Holstein múltiparas, agrupadas en dos cuadros de acuerdo a la producción de leche ( $14.2 \pm 1.3$  kg) y un peso inicial promedio de  $507 \pm 11$  kg, asignando de manera aleatoria la secuencia de tratamientos por cuadro y las vacas a cada secuencia de tratamiento, con tres periodos experimentales de 14 días cada uno, con diez días de adaptación al tratamiento y los últimos cuatro días para la toma de muestras.

El desempeño productivo de las vacas respecto a rendimiento de leche (RL) y composición química se midió los últimos cuatro días de cada periodo experimental, el rendimiento medio de leche fue de 15.5 kg/vaca/día del ballico perenne cv *Bargala*, 15.8 kg/vaca/día del ballico perenne cv *Payday* y 15.8 kg/vaca/día del *Festulolium* cv *Spring Green* ( $P > 0.05$ ).

El contenido de grasa, proteína y nitrógeno ureico en leche (NUL) no fueron afectados por los tratamientos ( $P > 0.05$ ). En promedio la concentración de grasa en leche del *Bargala* fue de 34.3 g/kg, 34.1 g/kg para *Payday* y 34.2 g/kg del *Festulolium*; el contenido de proteína en leche fue de 32.8 g/kg en *Bargala*, 32.1 g/kg para *Payday* y 31.7 g/kg del *Festulolium*; los valores medios del contenido de

NUL, fueron de 11.6 mg/dL para *Bargala*, 11.7 mg/dL para *Payday* y 11.9 mg/dL del *Festulolium*. El peso vivo (PV) y la condición corporal (CC) se midieron al inicio y al final de cada periodo experimental, no hubo diferencias significativas ( $P>0.05$ ), entre tratamientos.

En cuanto a la composición nutricional del forraje, en la interacción entre tratamientos, no se obtuvieron diferencias significativas ( $P>0.05$ ), se obtuvo un rendimiento de materia seca (MS) de 198.6, 195.9 y 185 g/kg MS del *Bargala*, *Payday* y *Festulolium* comparativamente; un contenido de materia orgánica (MO) de 858.6 g/kg del *Bargala*, 860.8 g/kg del *Payday* y 855.6 g/kg del *Festulolium*; 176.2 g/kg de proteína cruda (PC) del *Bargala*, 179.7 g/kg de PC del *Payday* y 183.8 g/kg de PC del *Festulolium*; 530.7 g/kg de fibra detergente neutro (FDN) y 276.2 g/kg de fibra detergente ácido (FDA) del *Bargala*, 530.3 g/kg de FDN y 281.3 g/kg de FDA del *Payday* y 515.4 g/kg de FDN y 265.8 g/kg de FDA del *Festulolium*; digestibilidad enzimática de la materia seca (DEMS) de 711.5 g/kg MS del *Bargala*, 716.6 g/kg MS del *Payday* y 736.4 g/kg MS del *Festulolium* y un contenido de energía metabólica (EM) de 11.3 MJ/kg MS del *Bargala*, 11.4 MJ/kg MS del *Payday* y 11.7 MJ/kg MS del *Festulolium*.

En cuanto a la evaluación agronómica de las praderas, se tuvo una altura promedio de 5.5 cm del *Bargala*, 6.1 cm del *Payday* y 6.1 cm del *Festulolium* y una acumulación neta de forraje de 1160, 2494 y 3822 kg MS/ha de *Bargala*, *Payday* y *Spring Green*, respectivamente ( $P>0.05$ ). Se concluye que la incorporación del *Festulolium cv Spring Green* en los SPLPE en el noroeste del Estado de México, representa una alternativa viable para su uso en la alimentación del ganado, puesto que nutricionalmente este forraje tuvo un rendimiento y calidad de la leche constante y similar con el *Payday* y el *Bargala*. El valor nutritivo del *Spring Green* y su alto rendimiento hacen viable su uso para la alimentación de vacas lecheras en pastoreo.

**PALABRAS CLAVE:** Praderas cultivadas, pastoreo continuo, sistema de producción de leche en pequeña escala, *Festulolium Spring Green*.

## ÍNDICE GENERAL

	Página
<b>I. INTRODUCCION</b> .....	8
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	10
2.1. Panorama del sector lechero en pequeña escala .....	10
2.2. Sistemas de producción de leche en pequeña escala (SPLPE) .....	11
2.2.1. Desarrollo sustentable de los SPLPE .....	13
2.2.2. Alimentación del ganado en los sistemas de producción de leche en pequeña escala .....	14
2.3. Pastoreo intensivo de praderas cultivadas para la alimentación en los SPLPE del altiplano central de México .....	15
2.4. Características del Ballico perenne ( <i>Lolium perenne</i> ) cv <i>Payday</i> y cv <i>Bargala</i> .....	18
2.5. Características del <i>Festulolium</i> cv <i>Spring Green</i> .....	19
<b>III. JUSTIFICACIÓN</b> .....	21
<b>IV. HIPÓTESIS</b> .....	22
<b>V. OBJETIVOS</b> .....	23
5.1. Objetivo general .....	23
5.2. Objetivos específicos.....	23
<b>VI. MATERIAL Y METODOS</b> .....	24
6.1. Material biológico .....	24
6.2. Material no biológico.....	24
6.3. Métodos .....	25
6.3.2. Tratamientos .....	25
6.4. Variables evaluadas en la respuesta animal .....	26
6.4.1. Rendimiento diario de leche .....	26
6.4.2. Composición química de la leche .....	26
6.4.3. Condición corporal.....	26
6.4.4. Peso vivo.....	26
6.5. Variables evaluadas en las praderas.....	27
6.5.1. Altura de la pradera.....	27

6.5.2. Acumulación neta de forraje (ANF) .....	27
6.5.3. Composición química del forraje.....	28
6.6. Manejo del ganado.....	28
6.7. Diseño experimental y análisis estadístico .....	28
<b>VII. LIMITE DE ESPACIO.....</b>	<b>30</b>
<b>VIII. LIMITE DE TIEMPO .....</b>	<b>31</b>
<b>XIX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>32</b>
9.1. Producción animal.....	32
9.2. Composición química de la leche .....	33
9.3. Praderas.....	36
9.3.1. Altura de las praderas.....	36
9.3.2. Acumulación neta de forraje (ANF) .....	37
9.4. Composición química de las praderas.....	38
9.4.1. Materia seca (MS) .....	38
9.4.2. Materia orgánica (MO).....	39
9.4.3. Proteína cruda (PC) .....	39
9.4.4. Fibra Detergente Neutro y Fibra Detergente Acido (FDN y FDA) .....	40
9.4.5. Digestibilidad enzimática de la materia seca (DEMS).....	41
9.4.6. Energía metabolizable (EM) .....	42
9.5. Composición química del concentrado comercial .....	42
<b>X. CONCLUSIONES.....</b>	<b>43</b>
<b>XI. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>44</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

	Pagina
Cuadro 1. Efecto de tres variedades de gramíneas de clima templado sobre el rendimiento de leche, peso vivo y condición corporal de vacas lecheras. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.2</b>
Cuadro 2. Efecto de tres variedades de gramíneas de clima templado sobre el contenido de grasa, proteína y nitrógeno ureico en leche de vaca. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.4</b>
Cuadro 3. Resultados de la altura comprimida y ANF promedio, de tres variedades de gramíneas de clima templado. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.6</b>
Cuadro 4. Composición química (g/kg MS) promedio de las praderas con tres variedades de gramíneas de clima templado. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.8</b>
Cuadro 5. Digestibilidad enzimática de la materia seca y concentración de energía metabolizable promedio de las praderas con tres variedades de gramíneas de clima templado. ....	41
Cuadro 6. Composición química (g/kg MS) promedio del concentrado comercial. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.2</b>

## I. INTRODUCCION

El sistema de producción de leche en pequeña escala (SPLPE) ha sido considerado sustentable desde un punto de vista ambiental, social y económico, esencialmente ligado a satisfacer las necesidades de sustento y bienestar de las familias que llevan a cabo esta actividad, por lo que su permanencia y desarrollo como opción para el medio rural es fundamental (Espinoza *et al.*, 2007; Fadul *et al.*, 2007; Romero *et al.*, 2008).

En México la muestra de su importancia está dada por el hecho que entre el 75 y 82% de los productores de leche corresponden a este sector de pequeña escala, y generan el 37% de la leche nacional, y mundialmente se estima que entre el 12 y 14% de la población corresponde a estos sistemas de producción de leche (Martínez *et al.*, 2015; Romero *et al.*, 2015).

La leche para los SPLPE y para el sector pecuario supone un producto prioritario en virtud de su importancia como fuente básica de alimentación humana y de ingresos diarios (Hemme y Otte, 2010), no existiendo otra actividad de pequeña escala que tenga un flujo de dinero en efectivo tan dinámico (Wiggins *et al.*, 2001).

Sin embargo, varios autores mencionan que económicamente los SPLPE son poco sustentables en la escala económica debido a los altos costos en sus estrategias de alimentación del ganado. La mayor parte por los costos de alimentación, corresponde a la compra de alimento balanceado comercial (Heredia *et al.*, 2007; Alfonso *et al.*, 2012; Martínez *et al.*, 2015).

Por lo tanto, a fin de que los SPLPE por un lado sean una opción de desarrollo campesino, y que se potencialice su contribución a la oferta de leche nacional, es importante que basen sus estrategias de producción en ser más eficientes, productivos y competitivos pero a bajos costos (Arriaga *et al.*, 1999; Puebla *et al.*,

2015).

Ante esta problemática varios autores sugieren como alternativa sustentable, la alimentación basada en el pastoreo intensivo de praderas cultivadas, estrategia que presume una baja inversión y una alta producción de forraje de buena calidad que promueve no solo el aumento de la producción pecuaria por la alta disponibilidad de forraje verde, sino, también contribuye a conservar y restaurar el medio ambiente (Arriaga *et al.*, 1999; Rao *et al.*, 2015).

Existen diversas variedades de pastos aptos para praderas cultivadas de riego para pastoreo del ganado lechero en el altiplano central. El ballico perenne es la gramínea de mayor calidad nutritiva, pero es necesario encontrar las variedades mejor adaptadas no solo al ambiente, sino a las condiciones de manejo de los SPLPE. Por otro lado, diversas variedades de *Festulolium* (*Festulolim spp*), producto del cruzamiento intergenérico de variedades de Ballico (perenne o anual), con especies del género *Festuca* se consideran gramíneas que combinan la ventaja de la alta calidad de los ballicos con la rusticidad y resistencia a condiciones difíciles de manejo de las festucas.



## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Panorama del sector lechero en pequeña escala

Mundialmente la producción de leche en pequeña escala ha sido reconocida en todo el mundo como un elemento de desarrollo socioeconómico (Espinoza *et al.*, 2007; Hemme y Otte, 2010). Prueba de ello es que se estima que entre el 12 y el 14% de la población mundial vive en fincas lecheras, con pequeños hatos, con al menos 2 vacas lecheras (FAO, 2010).

En el centro de México la mayor parte de la ganadería lechera ha conservado su estructura tradicional de pequeñas unidades de producción, sistemas de los cuales se tiene una importante participación en la producción nacional (Espinoza *et al.*, 2008), pues aportan el 37% de la oferta de leche en el país, representan el 78% de las fincas lecheras y cuentan con el 35% del inventario bovino nacional (Martínez *et al.*, 2015); de acuerdo con Romero *et al.* (2015), a nivel nacional entre un 75 y 82% de las familias rurales, desarrolla esta actividad.

En el 2011, México obtuvo una producción de leche anual de 10,676,691 toneladas de leche, en 2012 alcanzó los 10,880,870, para 2013 fue de 10,965,725 (SIAP, 2014); y en 2014 la producción de leche alcanzó 11,129,622 toneladas (SIAP, 2015).

México se ubica como un país con déficit crónico en la producción de leche, y como primer importador en el mundo de leche descremada en polvo, presentando una dependencia alimentaria de 13% para leche fluida y de 37.76% para derivados lácteos (Espinoza *et al.*, 2013). Según datos de SIAP (2014), uno de los principales países exportadores es Estados Unidos, mencionando que 9 de cada 10 toneladas de leche en polvo presentes en México, proceden de ese país.

La leche producida en los SPLPE es destinada principalmente al autoconsumo y venta a intermediarios, productores de queso, o directamente al público (Espinoza *et al.*, 2008). De la disponibilidad total de leche en México, el 71% se destina para consumo humano como leche fluida, de la cual el 27% se consume en forma de

leche bronca, el resto se consume como leche pasteurizada, ultra pasteurizada, evaporada o en polvo; y el otro 29% de la disponibilidad de leche total es destinada a la industria, de la cual, el 7% es para producir yogurt, 81% para quesos, 11.5% para mantequilla y el 0.5% para helados y otros productos (Cuevas *et al.*, 2007).

En todo el mundo, la demanda de leche y subproductos, por los más de 7 mil millones de consumidores, la mayoría de países en desarrollo, no está siendo cubierta, dejando claro que la producción debe aumentar, de manera que los países en vías de desarrollo puedan competir con los altos productores y los altos costos de producción (FAO, 2010).

Se propone a los SPLPE como elemento clave de producción, gracias a su flexibilidad y capacidad de adaptación a escenarios cambiantes, lo cual lo establece como un sistema con alto potencial de producción y desarrollo socioeconómico (Espinosa *et al.*, 2008; Hemme y Otte, 2010; Romero *et al.*, 2015).

## **2.2. Sistemas de producción de leche en pequeña escala (SPLPE)**

La producción de leche se ha llevado a cabo bajo múltiples contextos socioeconómicos, tecnológicos y agroecológicos, es decir bajo diferentes sistemas de producción (Sánchez *et al.*, 2015). En nuestro país se han identificado tres sistemas de producción principales: lechería a gran escala, lechería de doble propósito o tropical y la lechería en pequeña escala (Espinoza *et al.*, 2007), también llamada lechería familiar (Celis, 2014). Este último ha sido un concepto manejado por diferentes autores, como son según Espinoza *et al.* (2007), sistemas campesinos de producción de leche, para Haubi y Gutiérrez, (2015), los nombran como unidades familiares de producción lechera, y para Espinosa *et al.* (2008), sistemas de producción familiar o de traspatio, cuyos sistemas se encuentran ubicados especialmente en el altiplano central y zonas templadas de México (Espinoza *et al.*, 2007; Sánchez *et al.*, 2015).

El SPLPE ha sido definido como una pequeña unidad de producción familiar, especializada en la producción de leche de vaca en pequeños hatos de entre 3 a 35 vacas lecheras más sus reemplazos (Fadul *et al.*, 2013), sin embargo, otros autores como Espinoza *et al.* (2007), mencionan hatos de tamaño de entre 3 a 20 vacas lecheras más sus reemplazos, y según Heredia *et al.* (2007), mencionan, que la tenencia de animales en estos sistemas es de menos de 20 vacas lecheras más sus reemplazos.

Además de caracterizarse por desarrollarse en pequeñas superficies de tierra, en establos adjuntos a la vivienda del productor (Cesin *et al.*, 2007), con producciones promedio de 16 litros en dos ordeñas y picos de producción variables (rangos desde 16 hasta 40 litros), consecuencia de dietas de baja a mediana calidad, basadas fundamentalmente en la asignación de forrajes como ensilado de maíz, mazorca molida con rastrojo, pastoreo de temporal e insumos externos, principalmente alimentos balanceados comerciales, de los cuales aumenta la dependencia durante la época de estiaje, técnica de ordeño de tipo manual o mecánica (Haubi y Gutiérrez, 2015), reproducción por monta natural y en algunos casos por inseminación artificial, manejo del ganado de forma semi extensiva (Puebla *et al.*, 2015), predomina la mano de obra familiar como base en la realización de sus actividades, donde la producción y comercialización de la leche y derivados lácteos constituyen su única o principal fuente de ingresos (Cesin *et al.*, 2007).

Además, en estos sistemas de producción en pequeña escala de las regiones del centro de México ya es usual la tenencia predominante de ganado de raza Holstein (Espinoza *et al.*, 2007), por su alto rendimiento de leche y conversión alimenticia (Eisler *et al.*, 2014), no descartando la presencia de animales de raza Suizo Pardo y vacas con genética criolla y sus cruzas entre estas (Espinoza *et al.*, 2013; Haubi y Gutiérrez, 2015).

### **2.2.1. Desarrollo sustentable de los SPLPE**

En México la lechería en pequeña escala ha resultado ser una alternativa de desarrollo para las comunidades campesinas (Espinoza *et al.*, 2007), por sus características y capacidad de adaptación a los cambios sociales, económicos, ambientales y políticos (Puebla *et al.*, 2015).

Los SPLPE desempeñan un papel trascendental en la vida de las familias rurales de México cuya importancia resalta en la contribución como proveedor de empleos e ingresos, que además contribuyen al alivio de la pobreza, reducen la vulnerabilidad e inseguridad alimentaria y reducen la necesidad de emigrar a las ciudades en busca de empleo (Heredia *et al.*, 2007; Martínez *et al.*, 2015), preservan el ambiente, se desarrollan en pequeñas superficies con recursos limitados (Espinoza *et al.*, 2007), generan una gran variedad de productos comercializables con un concepto propio de calidad, poseen su propio nicho de mercado, apoya los vínculos económicos con las industrias de alimentos (Cesin *et al.*, 2007; Fadul *et al.*, 2014), incrementa los niveles de nutrición, productividad agrícola y contribuyen al crecimiento de la economía local y regional (Posadas, 2014).

La lechería dentro de los ejes socioeconómicos pecuarios se considera como la segunda cadena de importancia; no obstante, su debilidad es la reducida sustentabilidad económica (Sánchez *et al.*, 2015). Así mismo, Fadul *et al.* (2013), mencionan que la escala económica es la principal debilidad debido a los altos costos de alimentación, llegando a representar el 71% (Alfonso *et al.*, 2012), inclusive, según Puebla *et al.* (2015), hasta un 90% de los costos directos de producción finales en efectivo se destinan a la alimentación. Sin embargo, estos sistemas han estado ligados al uso de los recursos producidos en la propia finca como el grano de maíz, ensilado de maíz, pradera de corte y a los subproductos agrícolas como una forma de abatir los costos de alimentación, factor que permite reducir la dependencia de alimentos externos, pero sin considerar su valor nutricional.

### **2.2.2. Alimentación del ganado en los sistemas de producción de leche en pequeña escala**

En los SPLPE, en las regiones del centro de México, se tiene una amplia variedad de insumos que se integran a la dieta animal, por la interacción que sostienen como sistemas mixtos, agrícola - pecuarios (Próspero, 2013). Una diversidad de residuos obtenidos de la producción agrícola de cereales, cubren la demanda, de forrajes y granos para la producción del ganado en la época de sequía (Reyes *et al.*, 2013), pero son de baja calidad.

Alfonso *et al.* (2012), reportan en su trabajo de investigación sobre estrategias de alimentación en los SPLPE durante la estación de lluvias en el centro de México, que entre los principales alimentos que integran la dieta de las vacas lecheras en esa época, predominan aquellos altos en fibra detergente neutro (FDN) y bajos en materia seca (MS) como el ensilado de maíz, ensilado de alfalfa, forraje picado de maíz verde y pradera de corte, los cuales generalmente son producidos en la propia finca, representando aproximadamente 19.3% de los costos por alimentación, teniendo de primera mano, la planta de maíz y como segundo alimento de importancia en esta región, las praderas mixtas de ryegrass (*Lolium multiflorum*, *L. perenne*) con trébol blanco (*Trifolium repens*), bajo un sistema de corte y acarreo de forraje, en unidades con acceso a riego, y finalmente el alimento balanceado o concentrado comercial, el cual llega a representar hasta un 50% o más de los costos totales pagados por alimentación, haciendo que las dietas sean más costosas, lo cual deja claro como la composición de la dieta incide directamente sobre los costos de producción.

Martínez *et al.* (2015), reportan datos similares en los cuales mencionan que la dieta de las vacas en los SPLPE depende de tres principales grupos de ingredientes para su alimentación: forrajes de buena calidad (pradera de corte, forraje fresco de avena y ensilado de maíz), suplementos (concentrado comercial) y pajas.

Por las características climatológicas del centro de México, las condiciones de cada estación afectan directamente en la variación de forraje, estableciéndose bajos rendimiento de forraje verde para la alimentación de las vacas lecheras, durante una marcada estación seca en los meses de noviembre a abril, precedidos de una alta disponibilidad durante los meses de finales de mayo a principios de octubre (Albarrán *et al.*, 2012; Alfonso *et al.*, 2012). Con base en lo anterior, los factores que determinan el establecimiento de las estrategias de alimentación, varían en función de la estación del año, uso del suelo (agrícola, ganadero, áreas de riego), composición del hato, composición del ingreso en la unidad familiar, producción de residuos de las cosechas agrícolas y precios de insumos comerciales (Reyes *et al.*, 2013).

Considerando que los costos por concepto de alimentación, y de estos, la mayor parte son, los costos de alimentos concentrados balanceados, que representan hasta el 71% (Alfonso *et al.*, 2012), o como mencionan Puebla *et al.* (2015), pueden llegar al 90% de los gastos directos de la unidad de producción, obligan a los productores a buscar nuevas estrategias de alimentación encaminadas a una mayor eficiencia y productividad.

Ante este panorama, se hace necesario el desarrollo de nuevas alternativas que orienten y permitan que la producción de leche se realice a bajos costos (Arriaga *et al.*, 1999). En respuesta a ello surge como alternativa tecnológica el pastoreo intensivo de praderas cultivadas de ryegrass como una opción viable (Heredia *et al.*, 2007) de desarrollo sustentable, económico, ambiental y social.

### **2.3. Pastoreo intensivo de praderas cultivadas para la alimentación en los SPLPE del altiplano central de México**

Con el fin de hacer cada vez más eficiente la producción pecuaria, resulta necesario diseñar estrategias de alimentación que se ajusten a las condiciones agroecológicas locales y económicas de cada región y sistema de producción, de modo que la disponibilidad y la calidad de los alimentos no sean una limitante, y puedan cubrir las demandas nutricionales de las vacas en producción (Arriaga,

1996; Arriaga *et al.*, 1999). Tradicionalmente los SPLPE se orientan a estrategias de alimentación considerados de baja inversión económica a partir de la utilización de pajas y rastrojos a fin de obtener, si bien no altos rendimientos como en los sistemas en mayor escala, pero si moderados y a bajos costos (Arriaga *et al.*, 1999).

Sin embargo, los estudios de Martínez *et al.* (2015), muestran como esa estrategia tradicional resulta en los menores rendimientos y márgenes de utilidad, en comparación con otras estrategias de alimentación.

Durante los últimos años la productividad de los sistemas agrícolas y pecuarios ha declinado como consecuencia de la implementación de sistemas más extensivos en suelos cada vez menos fértiles y con especies no adaptadas a la región, por consiguiente las nuevas exigencias demandan orientar los sistemas de producción, sobre un enfoque de producción sustentable de modo que por un lado se garantice y se cubra la demanda de productos de origen animal pero a la vez se promuevan estrategias que colaboren a la conservación y regeneración de los recursos de cada región (Galindo, 2013).

Es conocido que por las características estacionales del altiplano central mexicano, durante la época de secas, la producción de leche disminuye por la insuficiente disponibilidad de forraje, y alto costo de alimentación debido a la compra de concentrados comerciales a los que pocos productores tienen acceso, lo que ha obligado a buscar alternativas que incrementen la productividad animal y que permitan rehabilitar las pasturas degradadas frente a esta difícil temporada (Galindo, 2013; Puebla *et al.*, 2015).

En respuesta ante esta problemática, se propone al pastoreo intensivo de praderas cultivadas con forrajes de clima templado como estrategia de producción competitiva y sustentable, por la baja inversión económica y la alta producción de forraje de buena calidad con resultados moderados en la productividad de las vacas; cuya ventaja reside en que pueden establecerse en suelos de variada textura y calidad, y proporcionar forrajes de excelente calidad (Arriaga *et al.*, 1999;

Hernández, 2002; Heredia *et al.*, 2007).

Por lo tanto, el pastoreo intensivo surge como una alternativa tecnología viable y sustentable de alta calidad productiva basada en potreros inducidos con gramíneas y leguminosas mejoradas, diseñadas para hacer frente a los nuevos escenarios climatológicos, teniendo como ventaja no solo aumentar la producción de biomasa para la alimentación animal, sino que al implicar la asociación con leguminosas se mejora la cantidad de nutrientes disponibles, se mejora la calidad y palatabilidad del forraje, además contribuyen a reducir los impactos ambientales negativos por la producción agropecuaria, genera una diversidad de servicios ambientales como mejoramiento de la calidad del suelo, reducción de la erosión y sedimentación, reducen las emisiones de gases de efecto invernadero, y fijan el nitrógeno atmosférico (Galindo, 2013).

La posibilidad de basar la producción de leche en el pastoreo de praderas cultivadas parte de la evidencia internacional y nacional que indica que el pastoreo es la forma más eficaz de reducir los costos de producción por concepto de la alimentación, no existiendo método más barato de alimentación que el pastoreo directo, logrando producciones eficientes de forraje y leche de manera sustentable y de buena calidad (Arriaga *et al.*, 1999; Heredia *et al.*, 2007; Martínez *et al.*, 2015). Tal es el caso de dos de los principales países productores de leche como la Unión Europea de la cual se menciona obtienen más de 95% de su producción de leche, de animales alimentados al pastoreo durante primavera - verano, siendo el mismo caso Nueva Zelanda, país que obtiene hasta el 90% de su producción total anual de vacas alimentados bajo sistemas de pastoreo intensivo de praderas (Eisler *et al.*, 2014).

Dada la importancia de los forrajes como una de las principales y más baratas fuentes de alimentación del ganado lechero, a fin de no hacer necesario altos niveles de suplementación con alimentos balanceados concentrados es fundamental asegurar el suministro de forrajes de buena calidad (Arriaga *et al.*, 1999), lo cual ha llevado al uso y desarrollo de gramíneas y leguminosas



mejoradas que aumenten la productividad pecuaria, promuevan la conservación y restauración de los sistemas y soporten los efectos ambientales asociados al cambio climático como prolongadas sequías, anegamientos o lluvias erráticas (Rao *et al.*, 2015).

#### **2.4. Características del Ballico perenne (*Lolium perenne*) cv *Payday* y cv *Bargala***

El ballico perenne (*Lolium perenne*) conocido comúnmente como ryegrass perenne o ryegrass inglés, es un pasto selecto para su cultivo en zonas de clima templado con un régimen pluviométrico anual de 700 a 1000 mm (Hernández, 2002), y por las temperaturas promedio de 18°C en el mes más cálido y temperaturas  $\geq 0^{\circ}\text{C}$  en el mes más frío (Sterling y Villanueva, 2004), posibilitando el desarrollo de estas gramíneas. Según lo reportado por Arriaga *et al.* (1999); Hernández (2002), la temperatura crítica bajo la cual los forrajes de clima templado suspenden su crecimiento, es menor o igual a los 6.0°C y a temperaturas  $\geq 18^{\circ}\text{C}$  pero no  $\geq 26^{\circ}\text{C}$  mejoran su desarrollo. Situación que ostenta un patrón de producción estacional, el cual aumenta en la época de lluvias y se restringe en invierno por déficit hídrico y bajas temperaturas.

El ballico es una especie que se ajusta tanto a condiciones de pastoreo como de corte, mantiene una buena proporción de retoños y se adapta bien a una amplia variedad de suelos, su medio óptimo son los suelos de textura media a pesada con pH ligeramente ácido (5.5-7.5), también pudiéndose desarrollar en terrenos arcillosos muy alcalinos, terrenos arenosos con buena disposición de agua y nitrógeno o incluso en suelo ácidos. El ballico es una gramínea con una palatabilidad, digestibilidad y valor nutritivo considerable, de fácil establecimiento y rápida germinación, compatible para su uso en combinación con otras gramíneas o leguminosas, pero de moderada resistencia a inundaciones y deficiencias hídricas prolongadas e intermedia resistencia al frío (Hernández, 2002).

El *Lolium perenne* cv *Payday*, es una gramínea de clima templado resistente a inundaciones y resistente a la roya, de buena calidad nutritiva, persistencia y

rendimientos óptimos, de fácil establecimiento para ser usado en combinación con otras especies de gramíneas o leguminosas y excelente vigor para su uso directo al pastoreo o corte (Cosgrove *et al.*, 1999; Goodwin, 2015).

El *Lolium perenne cv Bargala*, es una gramínea de clima templado, resistente al frío e intermedia tolerancia a inundaciones, de rendimiento y calidad nutritiva alta, de fácil establecimiento para su uso en combinación con otras especies de gramíneas o leguminosas y excelente vigor para su uso directo al pastoreo o corte (Plata, 2016).

## **2.5. Características del *Festulolium cv Spring Green***

Dada la importancia de los forrajes como principal y más barata fuente de alimentación del ganado y la contribución que ejercen sobre la producción lechera, el pastoreo intensivo en praderas cultivadas surge como alternativa tecnológica sustentable de suministro de forrajes de alta calidad (Arriaga, 1999).

Según Hernández (2002), los ballicos de ciclo de vida perenne son altamente adaptables a una diversidad de suelos en regiones con una distribución de precipitación pluvial o riego pero con moderada tolerancia a bajas temperaturas. Indicio de un patrón de producción estacional característico de las regiones templadas de México donde durante el verano el régimen de abundantes lluvias hace directamente proporcional el patrón de crecimiento del forraje, seguido de una estación seca, durante la cual merma la cantidad y calidad del forraje, incluso bajo sistemas de riego debido a las bajas temperaturas de invierno (Hernández *et al.*, 2011).

Ante este conflicto la integración de gramíneas y leguminosas forrajeras mejoradas como el *Festulolium*, que es un híbrido inter-genérico entre gramíneas del género *Lolium* y del género *Festuca*, hacen de esta una alternativa de producción de forraje de alto valor nutricional en ambientes más degradados, con recursos limitados y bajo la incertidumbre del cambio climático (sequías/frío/anegamiento) (Rao *et al.*, 2015).

El *Festulolium cv Spring Green* es un pasto perenne, derivado de la cruce entre *Lolium multiflorum* o *L. perenne* X *Festuca pratensis*, desarrollado en la Universidad de Wisconsin, concebido para mejorar la tolerancia al frío y resistir las sequías, adaptado a una amplia variedad de suelos desde los ligeramente ácidos a medianamente alcalinos y en territorios donde se percibe una amplia gama de tensiones climáticas como prolongados periodos de bajas o altas temperaturas e insuficiente humedad durante el año (Dierking *et al.*, 2008).

El *Festulolium* capitaliza la calidad nutritiva, palatabilidad, digestibilidad, fácil establecimiento, rápida germinación, persistencia y rendimiento, del ryegrass y la resistencia a las fluctuaciones climáticas como calor, frío, sequías e inundaciones de las festucas.

El *Spring Green* se adapta bien a una amplia variedad de suelos de textura ligera, media o pesada, resistente al déficit hídrico y a las bajas temperaturas invernales, persistente en su producción de forraje en verano en comparación con el ryegrass, se ajusta tanto a condiciones de pastoreo como de corte y se combina perfectamente con otras gramíneas o leguminosas para mejorar su rendimiento y calidad, responde bien a la fertilización con N y tiene una longevidad de 2 a 5 años (Casler *et al.*, 2002).

### III. JUSTIFICACIÓN

Dada la importancia de los forrajes como principal y más barata fuente de alimentación del ganado y la contribución que ejercen sobre la producción lechera, es fundamental el desarrollo y uso de nuevas alternativas que permitan asegurar la producción estable de forrajes de buena calidad durante todo el año, particularmente durante la temporada seca.

En respuesta a esto, es necesario contar con nuevas variedades de gramíneas que puedan ser incluidas como alternativas de producción de forraje de excelente calidad que se adapten ante los inminentes efectos del cambio climático como son sequías prolongadas, temperaturas extremas y lluvias erráticas, dejando como alternativa al *Spring Green*, variedad que conjuga las cualidades de buena calidad del ryegrass (*Lolium multiflorum* o *L. perenne*), con la mayor resistencia de la festuca (*Festuca pratense*), que lo hacen una variedad resistente y productiva en verano. Es por eso que en el presente trabajo se evaluarán estas características del *Festulolium*, contra las características de dos variedades de *Lolium multiflorum*, evaluadas con vacas en pastoreo.

#### IV. HIPÓTESIS

No existen diferencias significativas en términos de acumulación neta de forraje o calidad nutritiva de praderas cultivadas bajo riego de ballico perenne (*Lolium perenne*) cv *Payday* y cv *Bargala* en contraste con *Festulolium* cv *Spring Green*.

No existen diferencias significativas en la respuesta productiva animal (rendimiento diario y composición de la leche, peso vivo o condición corporal) de vacas Holstein alimentadas bajo pastoreo, en praderas cultivadas de ballico perenne (*Lolium perenne*) cv *Payday* y cv *Bargala* en contraste con *Festulolium* cv *Spring Green*.

## V. OBJETIVOS

### 5.1. Objetivo general

Evaluar la respuesta productiva de vacas lecheras Holstein en pastoreo de praderas de ballico perenne (*Lolium perenne*) cv *Payday* y cv *Bargala* en comparación con *Festulolium* cv *Spring Green*; así como la acumulación neta de forraje y la composición química del forraje de estas praderas.

### 5.2. Objetivos específicos

- Estimar la acumulación neta de forraje de praderas cultivadas de ballico perenne (*Lolium perenne* cv *Payday* y cv *Bargala*) y de *Festulolium* cv *Spring Green*.
- Analizar la composición química (Cenizas, Fibra Detergente Ácido, Fibra Detergente Neutro, Proteína y Digestibilidad enzimática), de praderas cultivadas de ballico perenne (*Lolium perenne* cv *Payday* y cv *Bargala*) y de *Festulolium* cv *Spring Green*.
- Comparar los rendimientos de leche, peso vivo y condición corporal de vacas lecheras alimentadas bajo pastoreo de praderas cultivadas de ballico perenne (*Lolium perenne* cv *Payday* y cv *Bargala*) en contraste con *Festulolium* cv *Spring Green*.
- Determinar la composición química de la leche (contenido de grasa, proteína y de nitrógeno ureico) de vacas lecheras alimentadas bajo pastoreo de praderas cultivadas de ballico perenne (*Lolium perenne* cv *Payday* y cv *Bargala*) en comparación con *Festulolium* cv *Spring Green*.

## VI. MATERIAL Y METODOS

Este trabajo se llevó a cabo dentro de los proyectos de investigación del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), “Evaluación de la sustentabilidad de sistemas de producción de leche en pequeña escala” clave 1935/2011C financiado por el CONACYT, y “Adaptación al cambio climático de estrategias de alimentación en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el estado de México” clave 3676/2014CIA.

### 6.1. Material biológico

Se utilizaron 6 vacas Holstein multíparas, en segundo tercio de lactación, con un rendimiento de leche de  $14.2 \pm 1.3$  kg y un peso promedio de  $507 \pm 11$  kg.

### 6.2. Material no biológico

Bultos de concentrado comercial, marca Malta con 180 g/kg MS de PC (40 kg c/u).

Praderas: Medidor de altura de pradera de plato ascendente (“pastómetro”), 6 jaulas de metal para la exclusión del pastoreo de 0.25 m<sup>2</sup>, un cuadrante de metal de 0.16 m<sup>2</sup>, tijeras para esquila, bolsas de plástico, etiquetas, lapicero, libreta, botas de hule.

Leche: Báscula de resorte de reloj, libreta, lapicero, frascos de plástico con tapa, etiquetas, marcadores, hielera.

Material de laboratorio: Balanza analítica, horno de ventilación forzada, molino, mufla, equipo Ankom 2000 para el análisis de FDN y FDA, digestor y destilador Buchi, equipo Daisy para digestibilidad *in vitro*, analizador de leche Ekomilk Total y LactiChek, bata blanca, guantes de látex, cubre boca.

Material de gabinete: artículos científicos, libros, computadora, libreta, lapicero.

### 6.3. Métodos

Se seleccionaron 4 unidades de producción de leche en pequeña escala, ubicadas en el ejido de San Pedro Denxhi, del municipio de Aculco de Espinoza, Estado de México, pertenecientes a cuatro hermanos que las operan en colaboración, y quienes aceptaron participar en el proyecto bajo el esquema de investigación participativa.

En dos de las 4 unidades de producción se seleccionaron 2 vacas y en las restantes se seleccionó una, dando un total de 6 vacas en ordeño de la raza Holstein, similares en cuanto a talla, etapa de lactación y rendimientos.

#### 6.3.1. Establecimiento de la pradera

Se sembraron dos parcelas de 1.0 ha cada una, las cuales fueron divididas en tres partes iguales. Asignados al azar, se sembró *Ballico perenne cv. Bargala o Payday*, o *Festulolim cv. Spring Green*. La distribución de las variedades sembradas, en cada parcela de 0.33 ha se hizo en forma aleatoria.

Se llevó a cabo un experimento de cuadro latino 3x3 repetido, donde los tratamientos fueron asignados de manera aleatoria contando con dos vacas por cada secuencia experimental.

Los periodos experimentales tuvieron una duración de 14 días, con 10 de adaptación al tratamiento y los últimos 4 días fueron de toma de muestras (Pérez *et al.*, 2012).

#### 6.3.2. Tratamientos

Los tratamientos evaluados fueron:

Tx1: pastoreo de *Lolium perenne cv Payday* por 10 h/día + 5 kg/vaca/día de concentrado comercial con 180 g/Kg MS de PC, suministrado en dos porciones.

Tx2: pastoreo de *Lolium perenne cv Bargala* por 10 h/día + 5 kg/vaca/día de concentrado comercial con 180 g/kg MS de PC, suministrado en dos porciones.

Tx3: pastoreo de *Festulolium (Lolium multiflorum x Festuca pratensis) cv Spring*



*Green* por 10 h/día + 5 kg/vaca/día de concentrado comercial con 180 g/kg MS de PC, suministrado en dos porciones.

#### **6.4. Variables evaluadas en la respuesta animal**

##### **6.4.1. Rendimiento diario de leche**

El rendimiento de leche (kg/vaca/día) se realizó por la mañana y por la tarde, los últimos cuatro días de cada periodo experimental. Las vacas se ordeñaron manualmente a las 06:00 y 18:00 horas.

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

Se tomaron muestras los últimos cuatro días de cada periodo experimental, el análisis de las muestras se realizaron el mismo día que se tomó la muestra utilizando el equipo de análisis de leche por ultrasonido (Lacticheck LC-01/A).

Para la determinación del contenido de nitrógeno ureico en leche, se tomó una muestra, se puso en hielo para su posterior análisis en el laboratorio mediante el método colorimétrico enzimático descrito por Chaney y Marbach (1962).

##### **6.4.3. Condición corporal**

La evaluación del estado corporal se realizó previo inicio y final de cada periodo experimental de acuerdo con Rodenburg, (2000).

Puntuación de la condición corporal en una escala de 1 a 5

1. Sub condicionamiento severo
2. Esqueleto obvio
3. Buen balance de esqueleto y tejidos superficiales
4. Esqueleto no tan obvio con tejidos superficiales
5. Sobre condicionamiento

##### **6.4.4. Peso vivo**

El peso vivo de las vacas (kg), se registró previo inicio y final de cada periodo experimental, utilizando una báscula portátil con capacidad de 1,000 kg.

## **6.5. Variables evaluadas en las praderas**

### **6.5.1. Altura de la pradera**

La altura de pradera se determinó mediante la técnica de plato ascendente descrita por Hodgson (1994), el cual consiste en una plancha de aluminio que se desliza sobre una varilla en el centro, graduada en centímetros. Las mediciones de la altura de cada sub pradera se registraron cada 14 días, se realizaron 20 mediciones en zigzag con un patrón de “W” cada 20 pasos, abarcando el área total de cada sub-pradera.

### **6.5.2. Acumulación neta de forraje (ANF)**

La ANF se estimó usando 6 jaulas de exclusión de forraje de 0.25 m<sup>2</sup> y un cuadrante de 0.16 m<sup>2</sup>, se tuvo una jaula de exclusión por cada sub pradera, mismas que fueron distribuidas al azar, al inicio y final de cada periodo de evaluación (periodos de 14 días).

En el día cero de medición, la jaula fue colocada al azar en la pradera, posteriormente se realizaron 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> y se procedió a cortar todo el forraje a ras de suelo con tijeras de esquilar lo que se encontraba dentro del cuadrante colocado en un sitio contiguo a la jaula de exclusión.

En el día 14, se retiró la jaula 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 pesado y colocado en bolsas de plástico previamente identificadas para su envío y procesamiento en el laboratorio. La ANF se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{ANF (g/0.72 m}^2\text{)} = [\text{Peso promedio inicial de la materia seca disponible fuera de la jaula en el día catorce}] - [\text{Peso promedio final de la materia seca dentro de la jaula al día cero}].$$

### **6.5.3. Composición química del forraje**

La composición química se determinó a partir de las muestras de forraje, tomadas mediante la técnica de hand plucking o pastoreo simulado, de las praderas en que pastaron las vacas, la cual consiste en recolectar muestras al azar, en toda la pradera con la mano, de forma semejante a los cortes que realiza la vaca al pastorear. Las muestras se secaron en una estufa a 60°C durante 48 horas, se molieron y se determinó la digestibilidad de la materia seca (DIVMS) a través del método de digestibilidad *in vitro* con el aparato Daisy (Ankom Technology, 2005). El contenido de nitrógeno se obtuvo mediante el método Kjeldahl (AOAC, 2007), el resultado se multiplica por el factor 6.25 para obtener el contenido de proteína cruda (PC). El contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) se determinó por el método ANKOM, siguiendo los procedimientos establecidos por Van Soest *et al.*, (1994).

### **6.6. Manejo del ganado**

Las vacas se mantuvieron en pastoreo continuo por 10 horas al día (8:00 am a 6:00 pm), con encierro por las noches en instalaciones adaptadas para su alojamiento dentro de la unidad de producción, ahí las vacas recibieron 5 kg/día de concentrado comercial con 180 g/kg MS de PC, suministrado en dos raciones al final de cada ordeño.

### **6.7. Diseño experimental y análisis estadístico**

Se utilizó un diseño experimental de cuadro latino 3x3 repetido, el experimento tuvo una duración de 42 días, divididos en 3 periodos experimentales de 14 días cada uno (10 días de adaptación y 4 días de muestreo y registro de datos). Para el análisis de varianza se utilizó el modelo propuesto por Anaya *et al.* (2009).

El modelo estadístico para el análisis fue el siguiente:  $Y_{ijkl} = \mu + C_i + V_{j(i)} + P_k + T_l + E_{ijkl}$

Donde:

$Y_{ijkl}$ = Variable respuesta

$\mu$ = Media general

$C_i$ = Efecto de los cuadros (1, 2)

$V_{j(i)}$ = Efecto de las vacas dentro de cuadros (1, 2, 3)

$P_k$ = Efecto de los periodos experimentales (1, 2, 3)

$T_l$ = Efecto de los tratamientos (1, 2, 3)

$E_{ijkl}$ = Error residual.

Para el caso de las praderas se realizó un análisis estadístico completamente al azar, utilizando el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable respuesta en la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento

$\mu$  = Media general

$\tau_i$  = Efecto del tratamiento

$E_{ij}$ = Error aleatorio

Se realizó la comparación de medias con la prueba de Tukey (Steel *et al.*, 1997).

## VII. LIMITE DE ESPACIO

El trabajo se llevó a cabo en la comunidad de Ejido San Pedro Denxhi, en el municipio de Aculco, ubicado al noroeste en el Estado de México, colinda al norte con el estado de Querétaro y el municipio de Polotitlán; al este con los municipios de Polotitlán, Jilotepec y Timilpan; al sur con los municipios de Timilpan y Acambay; al oeste con el municipio de Acambay y el estado de Querétaro.

El clima predominante de esta región es templado subhúmedo con lluvias en verano, temperaturas entre los 10 y 18°C y un rango de precipitación de 700 a 1000 mm (INEGI, 2009).

El análisis químico de las muestras de forraje y leche se realizó de acuerdo a las técnicas establecidas en el laboratorio de análisis de alimentos y forrajes del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM) ubicado en el Campus Universitario El Cerrillo, Toluca, Estado de México.

## VIII. LIMITE DE TIEMPO

La fase experimental de campo se llevó a cabo durante los meses de septiembre y octubre de 2015, tuvo una duración de 6 semanas, divididas en 3 periodos de 14 días cada uno. Los periodos fueron divididos como a continuación se describe.

Periodo	Duración del periodo
PI	5 al 18 de septiembre
PII	19 de septiembre al 2 de octubre
PIII	3 al 16 de octubre

La fase de laboratorio se desarrolló durante los meses de septiembre, octubre, noviembre de 2015 y enero de 2016.

La interpretación de los resultados y la elaboración del trabajo final de tesis se realizaron durante los meses de enero a abril de 2016.

## XIX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 9.1. Producción animal

En el Cuadro 1 se muestran los resultados obtenidos de rendimiento de leche, peso vivo y condición corporal de las vacas.

**Cuadro 1. Efecto de tres variedades de gramíneas de clima templado sobre el rendimiento de leche, peso vivo y condición corporal de vacas lecheras.**

Variable	Tratamientos			Media	EEM <sup>1</sup>	Valor de P
	Ballico perenne	Festulolium				
	cv Bargala	cv Payday	cv Spring Green			
RL <sup>2</sup> (kg/vaca/día)	15.5	15.8	15.8	15.7	0.47	0.896
PV <sup>3</sup> (kg)	521.3	524.2	513.0	519.5	8.39	0.637
CC <sup>4</sup> (1-5)	2.7	2.5	2.7	2.6	0.09	0.331

<sup>1</sup>EEM= Error estándar de la media, <sup>2</sup>RL= Rendimiento de leche, <sup>3</sup>PV= Peso vivo, <sup>4</sup>CC= Condición corporal, NS= No significativo ( $P>0.05$ ).

Los resultados para RL mostraron condiciones similares, no encontrando diferencias significativas ( $P>0.05$ ) entre tratamientos. Previo al inicio del experimento, se registró una media de RL de 14.2 kg/vaca/día, manifestando un ligero ascenso de 10.5% (1.5 kg/vaca/día), sobre su producción promedio final. Estos resultados están por debajo de los valores reportados por Arriaga *et al.* (1999); Arriaga *et al.* (2001); Heredia *et al.* (2007) y Hernández *et al.* (2011), quienes reportaron RL mayores a 18 kg/vaca/día, de vacas lecheras en pastoreo con limitada suplementación de concentrados y en algunos casos con ensilado y son rendimientos similares a los reportados por Guadarrama *et al.* (2007) y Arriaga *et al.* (2002), de  $13.8 \pm 1.6$  y  $13.8 \pm 2.6$  kg/vaca/día respectivamente, pero con diferentes niveles de suplementación con concentrados.

En cambio el RL, de este experimento fue ligeramente superior a lo reportado por Alfonso *et al.* (2012) y Martínez *et al.* (2015), quienes obtuvieron rendimientos de

13.9 y 13.2 kg/vaca/día respectivamente, bajo diferentes estrategias de alimentación en SPLPE, en cuyos trabajos se tuvo como alimento base, el pastoreo de praderas de *Ballico perenne*.

Los RL obtenidos del presente estudio, indican que para los SPLPE, la estrategia de alimentación basada en forrajes de clima templado de buena calidad y moderada suplementación con concentrado, es capaz de cubrir los requerimientos nutricionales de las vacas para mantener rendimientos de entre 7 a 18 kg/vaca/día o más, dependiendo de la etapa de lactación, época del año, la carga animal y las condiciones de la pradera (Arriaga *et al.*, 1999; Heredia *et al.*, 2007).

Respecto al PV, con un promedio de 519.5 kg/vaca, 2.3% (11.7 kg/vaca) más, que al inicio de la fase de evaluación, no se observaron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) entre tratamientos.

En cuanto a la variable CC, a pesar del pequeño aumento en el PV, no se percibieron diferencias ( $P>0.05$ ) entre los tratamientos, se tuvo un valor medio global de 2.6 puntos al final de la evaluación y 2.7 puntos previo al inicio del periodo de experimentación, lo cual indica que la CC se mantuvo comparativamente invariable en las 6 semanas de experimentación.

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

En el Cuadro 2 se muestran los resultados de composición de la leche de vacas en pastoreo en praderas con distintas variedades de gramíneas de clima templado.



**Cuadro 2. Efecto de tres variedades de gramíneas de clima templado sobre el contenido de grasa, proteína y nitrógeno ureico en leche de vaca.**

Variable	Tratamientos			Media	EEM <sup>1</sup>	Valor de P
	Ballico perenne		Festulolium			
	cv Bargala	cv Payday	cv Spring Green			
Grasa (g/kg)	34.3	34.1	34.2	34.2	0.83	0.983
Proteína (g/kg)	32.8	32.1	31.7	32.2	0.71	0.557
NUL <sup>2</sup> (mg/dL)	11.6	11.7	11.9	11.7	0.55	0.947

<sup>1</sup>EEM= Error estándar de la media, <sup>2</sup>NUL= Nitrógeno ureico en leche, NS=No significativo ( $P>0.05$ ).

La calidad de la leche (grasa, proteína, NUL) no fue afectada por los tratamientos ( $P>0.05$ ). El contenido medio de grasa y proteína de la leche en los tres tratamientos, se encontraron dentro de los establecidos en el PROY-NMX-F-700-COFOCALEC-2012.

Tanto los tratamientos de *Ballico perenne* como del *Festulolium*, superaron ligeramente los estándares establecidos en el PROY-NMX-F-700-COFOCALEC-2012, con respecto al contenido de grasa y proteína en la leche de las vacas. El contenido de PC en la leche, en torno a los 32 g/kg, en los tres tratamientos, puede ser explicado por las bajas diferencias en la degradación de PC en rumen, y la concentración ligeramente alta de grasa en leche puede ser relacionado al contenido de FDN en el forraje (Arriaga *et al.*, 2010). Heredia *et al.* (2007), reportan valores del contenido de grasa y proteína de la leche por debajo de los valores del presente estudio, bajo condiciones experimentales similares. En este contexto Castro *et al.*, (2014), reportan resultados similares en su trabajo de investigación con vacas en pastoreo, suplementadas con diferentes niveles de concentrado, en el cual obtuvieron una mejor composición de la leche, con

cantidades limitadas de concentrado (3 kg/vaca/día).

Por el contrario, la composición de la leche respecto al contenido de grasa y proteína en el presente estudio, mostro contenidos más altos, que los resultados obtenidos por Anaya *et al.* (2009) y Hernández *et al.* (2011), de vacas en pastoreo y limitada suplementación con concentrados y forrajes conservados en forma de ensilado.

La proteína es uno de los componentes principales de la ración para las vacas lecheras, y el de mayor costo en la alimentación. Por ello, la concentración de urea en la leche es un bio indicador del estado nutricional proteico del animal, el cual nos permite realizar ajustes en la relación de alimentos proteico-energéticos, ya que un exceso o deficiencia de nitrógeno en la dieta, manifestaría repercusiones negativas sobre el desempeño productivo, dado a que este metabolito (urea), es afectado entre otros factores más estrechamente relacionados con la alimentación (Pardo *et al.*, 2008; Cerón *et al.*, 2014; Huhtanen *et al.*, 2015).

En la concentración de nitrógeno ureico en leche (NUL) no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ( $P>0.05$ ), presentando una media general de 11.7 mg/dL, el cual es similar a lo reportado por Cerón *et al.* (2014), lo cual nos indica que el nivel de suplementación de la dieta y el consumo de pasto fueron adecuados.

El valor medio de NUL, en este estudio fue de 11.7 mg/dL, similar al valor reportado por Alfonso *et al.* (2012), de 11.5 mg/dL, en un trabajo previo, llevado a cabo en la misma área de estudio, pero bajo distintas estrategias de alimentación, y con RL menores a los registrados del presente trabajo. Este valor (11.7 mg/dL), se mantiene dentro de los rangos normalmente recomendados de entre 10 a 16 mg/dL, para una lactancia típica (Pinedo y Melendez, 2010). Sin embargo, Cerón *et al.* (2014), menciona que valores en un rango de 9 a 12 mg/dL son considerados como aceptables y necesarios para una mayor eficiencia alimenticia, dado que los niveles ideales de NUL deben estar entre 12 y 15 mg/dL, que sugieren una óptima relación entre la proteína degradable y la energía

fermentable.

Por lo tanto, estos rangos de concentración de NUL en relación con el valor medio global de este estudio, indicaría un bajo contenido de proteína degradable de los alimentos en comparación con la disponibilidad de energía cuya consecuencia sería una menor eficiencia en utilización y consumo de alimento, lo que a su vez afectaría el rendimiento de leche (Arriaga *et al.*, 2010; Cerón *et al.*, 2014; Huhtanen *et al.*, 2015). De acuerdo con Alfonso *et al.* (2012); Castro *et al.* (2014); Cerón *et al.* (2014), el perfil lipídico y proteico de la leche así como la concentración de nitrógeno en leche, es afectado directamente por la composición de la dieta, la raza animal, la época del año, edad del animal y la etapa de lactación, razón por la cual la composición química de la leche será siempre inconstante.

### 9.3. Praderas

En el Cuadro 3 se presentan los valores de la Altura comprimida y la ANF de las praderas.

**Cuadro 3. Resultados de la altura comprimida y ANF promedio, de tres variedades de gramíneas de clima templado.**

Variable	Tratamientos			Media	EEM <sup>1</sup>	Valor de P
	Ballico perenne	Festulolium				
	cv Bargala	cv Payday	cv Spring Green			
Altura (cm)	5.5	6.1	6.1	5.9	0.59	0.205
ANF <sup>2</sup> (kg MS/ha)	1160.8	2494.9	3822.2	2492.6	957.86	0.129

<sup>1</sup>EEM= Error estándar de la media, <sup>2</sup>ANF=Acumulación neta de forraje, NS= No significativo (P>0.05).

#### 9.3.1. Altura de las praderas

Se observó una altura promedio semejante, entre el *Payday* y el *Spring Green*, con 6.1 cm, a diferencia del *Bargala* el cual manifestó la menor altura, en promedio 0.6 cm menor, en contraste a los tratamientos anteriores, no hubo diferencias

estadísticas significativas ( $P > 0.05$ ).

El pastoreo es un proceso dinámico en el que la pradera y el animal interactúan afectándose mutuamente, la altura de la pradera es uno de los cambios en la misma, que puede restringir la disponibilidad de forraje y el comportamiento alimenticio de los animales. Característica no nutricional de la pradera, pero estrechamente ligada al consumo de materia seca por las vacas en pastoreo (Teuber *et al.*, 2007).

La altura comprimida con el plato ascendente (Hodgson, 1994), promedio de las praderas en este estudio comprendió los 5.9 cm, talla según Teuber *et al.* (2007), es una pradera con insuficiente forraje (pradera con altura menor o semejante a 8cm), que limita el consumo óptimo diario, en contraste, en praderas de 10 a 15 cm de alto, el consumo de MS es constante. Contrario a esto, Hodgson (1994), menciona que la altura ideal de la pradera para animales en pastoreo continuo es de 5 a 8 cm de alto. Y praderas de menor o igual a 5cm, la consideran una pradera excesivamente corta en la que el consumo se restringe, menguando simultáneamente el peso de los bocados, como el tiempo de pastoreo (Hodgson, 1994; Teuber *et al.*, 2007).

La altura comprimida promedio con el plato ascendente de las praderas fue similar a la reportada de pasto ryegrass perenne, por Arriaga *et al.* (2001), de 5.4 cm, de lo cual en acuerdo con lo mencionado por Hodgson (1994), una altura en la pradera entre los rangos de 5 a 8 cm, el consumo de forraje es adecuado para el pastoreo de las vacas.

### **9.3.2. Acumulación neta de forraje (ANF)**

El rendimiento de forraje en ambas variedades de *Ballico perenne*, mostraron una baja ANF, a diferencia del *Festulolium*, del cual se obtuvo la mayor ANF total, en las 6 semanas de experimentación, con 3822.2 kg MS/ha en promedio, representando una ventaja de 53% y 229% más, con relación a los 2494.9 y 1160.8 kg MS/ha del *Ballico perenne cv Payday* y *cv Bargala*, respectivamente, a pesar de esta desigualdad numérica, no se encontraron diferencias estadísticas

significativas ( $P>0.05$ ) entre los tratamientos. La ANF media global registrada del presente trabajo, está por debajo de la reportada por Heredia *et al.* (2007), de casi 6 toneladas, registradas en un periodo de 174 días.

La composición química de las praderas se observa en el Cuadro 4.

**Cuadro 4. Composición química (g/kg MS) promedio de las praderas con tres variedades de gramíneas de clima templado.**

Variable	Tratamientos			Media	EEM <sup>1</sup>	Valor de P
	Ballico perenne		Festulolium			
	cv Bargala	cv Payday	cv Spring Green			
Materia Seca	198.6	195.9	185.0	193.16	11.32	0.489
Materia Orgánica	858.6	860.8	855.6	858.3	5.86	0.692
Proteína Cruda	176.2	179.7	183.8	179.9	6.5	0.373
FDN <sup>2</sup>	530.7	530.3	515.4	525.4	21.07	0.928
FDA <sup>3</sup>	276.2	281.3	265.8	274.4	10.73	0.529

<sup>1</sup>EEM=Error estándar de la media, <sup>2</sup>FDN= Fibra detergente neutro, <sup>3</sup>FDA= Fibra detergente ácido, NS= No significativo ( $P>0.05$ ).

## 9.4. Composición química de las praderas

### 9.4.1. Materia seca (MS)

El contenido de MS es fundamental ya que determina la concentración de nutrientes disponibles del forraje, además de que se ha identificado como un factor limitante en la producción animal (a mayor consumo mayor producción) (NRC, 2001; Teuber et al., 2007).

El contenido promedio de materia seca (MS) de las praderas fue de 193 g/kg, mostrando ligeras variaciones entre tratamientos pero sin mostrar diferencias estadísticas significativas ( $P>0.05$ ). El contenido medio entre ambas variedades de *Ballico perenne*, fue similar, apenas diferenciándose con 2.7 g/kg, representando una media de 197 g/kg MS, siendo el Spring Green en este rubro,

el que menor contenido de MS mostro con 185 g/kg en relación a lo obtenido de las variedades de Ballico.

El contenido medio de MS de este estudio está dentro del rango esperado por Bargo, (2002), de entre 180 a 240 g/kg MS, para forrajes de clima templado de alta calidad, por lo tanto, inferimos que las praderas utilizadas proporcionaron un forraje de mediana calidad. Guadarrama *et al.* (2007) y Anaya *et al.* (2009), reportaron un contenido promedio de MS más alto, con 240 g/kg MS y 278 g/kg MS respectivamente, en pasto ryegrass de lo cual podemos pensar que sacrificaron la calidad por la cantidad, mientras que Villalobos y Sánchez. (2010), reportaron 159 g/kg MS.

#### **9.4.2. Materia orgánica (MO)**

En promedio el contenido de materia orgánica (MO) de los tratamientos fue de 858 g/kg, no hubo diferencias significativas ( $P>0.05$ ), en la interacción entre tratamientos. El contenido medio de MO de los forrajes fue menor, en comparación con lo registrado por Heredia *et al.* (2007), Guadarrama *et al.* (2007), Anaya *et al.* (2009) y Hernández *et al.* (2011), de 936, 881, 871 y 879 g/kg, respectivamente.

#### **9.4.3. Proteína cruda (PC)**

El contenido medio general de PC de las praderas fue de 180 g/kg MS, la concentración media entre tratamientos fue aproximada, con 183, 179 y 176 g/kg MS de PC, para el *Spring Green*, *Payday* y *Bargala* respectivamente ( $P>0.05$ ). Siendo el pasto *Spring Green*, apenas 2 y 4% mayor su contenido de PC, que lo observado de ambas variedades de Ballico perenne.

Heredia *et al.* (2007) y Alfonso *et al.* (2012), mencionan que la variación del contenido de PC en los forrajes se establece de acuerdo al estado de madurez de la pradera, manejo de la fertilización nitrogenada, época del año, cultivar y tipo de suelo, alcanzando valores en torno a los 64 g/kg MS de PC en forrajes maduros, a 227 g/kg MS de PC en forrajes tiernos (rebrotos vegetativos), de praderas de ryegrass, por lo tanto, en base a este rango podemos sugerir que las praderas

pastoreadas mantuvieron una disponibilidad media de proteína degradable. No obstante, Teuber, (2007), menciona puede hallarse valores cercanos a los 300 g/kg MS de PC de forrajes inmaduros segados a pocos días de ser fertilizados con N.

El valor medio de PC (180 g/kg MS), fue inferior, a lo reportado por Velazco *et al.* (2005), Heredia *et al.* (2007) y Hernández *et al.* (2011), quienes registraron 203, 209 y 189 g/kg MS de PC, de praderas mixtas de ryegrass perenne con trébol blanco respectivamente, de otros estudios en el Estado de México. Inclusive la concentración de PC de este estudio estuvo por debajo del valor registrado por Villalobos y Sánchez. (2010), en otros lugares de clima templado, pero a otras latitudes, con una concentración 40% superior al promedio presentado en este estudio, debido entre otras razones al manejo de la fertilización. No obstante en este estudio se tuvo un contenido de PC por encima de lo reportado por Anaya *et al.* (2009), de 164 g/kg MS de praderas de ryegrass perenne con trébol blanco. Para el pasto Spring Green, Dierking *et al.* (2008), reportaron concentraciones de PC de 149 g/kg MS lo cual está por debajo de lo descrito en este estudio (183 g/kg MS).

#### **9.4.4. Fibra Detergente Neutro y Fibra Detergente Acido (FDN y FDA)**

El contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente acido (FDA), fue similar entre tratamientos ( $P>0.05$ ), presentándose una concentración promedio del Bargala y Payday de 530.5 g/kg MS de FDN y 278.7 g/kg MS de FDA. Con respecto al Spring Green, los Ballicos mostraron contenidos de fibras ligeramente superiores, con escasos 15.1 g/kg MS de FDN y 12.9 g/kg MS de FDA más, en comparación con el Spring Green.

La concentración de fibra en el forraje es transcendental ya que de acuerdo con Van Soest (1994) y Teuber *et al.* (2007), este factor estructural, está estrechamente ligado con el consumo de MS y con la concentración energética del mismo, el material fibroso al ser de más lenta digestión y evacuación del rumen, limita el consumo debido al efecto físico de llenado sobre el rumen, por ello, en la

medida en que se incrementa el contenido de FDN y FDA en el forraje, decrece el consumo de MS, y la digestibilidad, simultáneamente.

Heredia *et al.* (2007) y Arriaga *et al.* (2001), reportaron valores entorno a los 500 y 280 g/kg MS de FDN y FDA, respectivamente, los cuales son muy similares a los reportados en este estudio. Sin embargo, la MS en esta investigación presentó un contenido superior de FDN que el ryegrass perenne evaluado en el trabajo de Villalobos y Sánchez (2010).

En el Cuadro 5 se muestra la digestibilidad enzimática de la materia seca y concentración de energía metabolizable de las praderas.

**Cuadro 5. Digestibilidad enzimática de la materia seca y concentración de energía metabolizable promedio de las praderas con tres variedades de gramíneas de clima templado.**

Variable	Tratamientos			Media	EEM <sup>1</sup>	Valor de P
	Ballico perenne		Festulolium			
	cv Bargala	cv Payday	cv Spring Green			
DEMS <sup>2</sup> (g/kg MS)	711.5	716.6	736.1	721.4	12.97	0.934
EM <sup>3</sup> (MJ/kg MS)	11.3	11.4	11.7	11.4	0.19	0.939

<sup>1</sup>EEM= Error estándar de la media, <sup>2</sup>DEMS= Digestibilidad enzimática de la materia seca, <sup>3</sup>EM=Energía metabolizable, NS= No significativo (P>0,05).

#### 9.4.5. Digestibilidad enzimática de la materia seca (DEMS)

La digestibilidad de un alimento se entiende como la proporción que es absorbida en el tracto digestivo del animal, de alguno de sus componentes (Teuber *et al.*, 2007).

En promedio la DEMS de los tratamientos, se mantuvo en torno a los 720 g/kg MS, de lo cual el *Spring Green* obtuvo la mayor digestibilidad, en comparación a los 714.11 g/kg MS en promedio, del *Bargala* y *Payday*, no se observaron diferencias significativas (P>0.05) en la interacción entre tratamientos.



En el trabajo de Anaya *et al.* (2009), reportan valores de digestibilidad de 780 g/kg MS, lo cual refleja una edad menos madura del ryegrass en comparación al valor registrado de esta investigación. En este contexto Guadarrama *et al.* (2007), registraron en promedio una digestibilidad mayor, de 945 g/kg MS, posiblemente de un pasto más joven y una mayor cantidad de trébol, en cambio Albarrán *et al.* (2012), reportaron valores de 718 g/Kg MS similares a los reportados en el presente trabajo.

#### **9.4.6. Energía metabolizable (EM)**

Los valores medios de EM en los tratamientos fue de 11.3, 11.4 y 11.7 MJ/kg MS del *Bargala*, *Payday* y *Festulolium* respectivamente ( $P>0.05$ ), con un contenido medio general de EM fue 11.4 MJ/kg MS, valor que está dentro de lo recomendado por Arriaga *et al.* (1999), de entre 10 a 12 MJ/kg MS en forraje de praderas de ryegrass. El valor de EM fue similar al reportado por Albarrán *et al.* (2012), de 11.4 MJ/kg MS.

#### **9.5. Composición química del concentrado comercial**

La complementación con concentrados balanceados comerciales (Cuadro 6) en los tratamientos, busco cubrir las necesidades de nutrientes limitantes que una pradera de alta calidad no es capaz de suministrar en proteína y energía.

**Cuadro 6. Composición química (g/kg MS) promedio del concentrado comercial.**

Composición química	MS	MO	Proteína	FDN	FDA	DEMS	EM
Concentrado comercial	901.32	925.98	185.07	309.79	165.22	768.53	11.17

## X. CONCLUSIONES

Los modelos de alimentación al pastoreo en praderas de Ballico perenne cv *Bargala* y Ballico perenne cv *Payday* en comparación con *Festulolium* cv *Spring Green*, los rendimientos de leche, peso vivo y condición corporal de las vacas lecheras Holstein fueron similares.

La evaluación agronómica y nutricional de los tratamientos indican que la incorporación del *Festulolium* cv *Spring Green* en los SPLPE, no represento una opción atractiva para la alimentación de vacas lecheras, dado que obtuvo características similares a las dos variedades de Ballico.

## XI. LITERATURA CITADA

- Albarrán B., García A., Espinoza A., Espinosa E. y Arriaga C. (2012): Maize silage in the dry season for grazing dairy cows in small-scale production systems in Mexico's highlands. *Indian Journal of Animal Research*. 46(4): 317-324.
- Alfonso A., Wattiaux M., Espinoza A., Sánchez E., Arriaga 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(3): 637-644.
- 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.
- AOAC International. (2007): *Official Methods of analysis*, Gaithersburg, MD.
- Arriaga C. (1996): Estrategias de alimentación de bovinos lecheros en sistemas de producción en pequeña escala. En: Octavio A. Castelán Ortega (Compilador). *Estrategias para el mejoramiento de los sistemas de producción de leche en pequeña escala*. Pp. 45- 68. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México.
- 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., Flores F., Peña G., Albarrán B., García A., Espinoza A., González C. and Castelán O. (2001): Participatory on farm evaluation of the response to concentrate supplementation by cows in early lactation in smallholder peasant (campesino) dairy production systems in the highlands of central Mexico. *Journal of Agricultural Science*. 137: 97-103.
- Arriaga C., Albarrán B., Espinoza A., García A. and Castelán O. (2002): On farm comparison of feeding strategies based on forages for small scale dairy production system in the highlands of central Mexico. *Experimental*

- Agriculture. 38: 375-388.
- Arriaga H., Salcedo G., Calsamiglia S. and Merino P. (2010): Effect of diet manipulation in dairy cow N balance and nitrogen oxides emissions from grasslands in northern Spain. *Agriculture, Ecosystems and environment*. 135: 132-139.
- Bargo F. (2002): Suplementación en pastoreo: conclusiones sobre las últimas experiencias en el mundo. Ponencia presentada en la 2ª Jornada Abierta de Lechería: "Alimentación y tipo de vaca en sistemas de base pastoril", Cátedra de Producción Lechera, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Disponible en:<http://www.agro.uba.ar/sites/default/files/catedras/bargo.pdf>. (6 Febrero 2016).
- Castro H., González F., Domínguez A., Pinos J., Morales E. y Vieyra R. (2014): Efecto del nivel de concentrado sobre el perfil de ácidos grasos de la leche de vacas holstein en pastoreo. *Agro ciencia*. 48(8): 765-775.
- Celis M. (2014): Comparación entre concentrado comercial y grano de maíz molido como complementos para sistemas de producción de leche en pequeña escala basados en praderas de corte. Tesis de licenciatura, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del estado de México. Toluca, México.
- Cerón M., Henao A., Munera O., Herrera A., Díaz A., Parra A. y Tamayo C. (2014): Concentración de nitrógeno ureico en leche: interpretación y aplicación práctica. Fondo editorial biogénesis, Medellín, Colombia.
- Cesin A., Aliphath M., Ramírez B., Herrera J. y Martínez D. (2007): Ganadería lechera familiar y producción de queso. Estudio en tres comunidad del municipio de Tetlatlahuca en el estado de Tlaxcala, México. *Técnica Pecuaria México*. 45(1):61-76.
- Cosgrove D., Casler M. and Undersander D. (1999): Ryegrass types for pasture and hay. <http://www.uwex.edu/ces/forage/pubs/ryegrass.htm> (8 de febrero de 2016).
- Cuevas V., Espinosa J., Flores A., Romero F., Vélez a., Jolalpa J. y Vázquez R.

- (2007): Diagnóstico de la cadena productiva de leche de vaca en el estado de Hidalgo. *Técnica Pecuaria México*. 45(1): 25-40.
- Chaney L. y Marbach E. (1962): Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clinical Chemistry*. 130-132
- Dierking R., Kallenbach R., Kerley M., Roberts C. and Lock T. (2008): Yield and nutritive value of “Spring Green” *Festulolium* and “Jesup” endophyte free Tall Fescue stockpiled for winter pasture. *Crop Science Society of America*. 48: 2463-2469.
- Eisler M., Tarlton J., Martin G., Beddington J., Dungait J, Greathead H., Liu J, Mathew S., Miller H., Misselbrook T., Murray P., Vinod V., Saun R. y Winter M. (2014): Steps to sustainable livestock. *Nature*. 507: 32-34.
- Espinosa V., Rivera G., García L. (2008): Los canales y márgenes de comercialización de la leche cruda producida en sistema familiar (estudio de caso). *Veterinaria México*. 39(1): 1-16
- Espinoza A., Espinoza E., Bastida J., Castañeda T. y Arriaga C. (2007): Small-scale dairy farming in the highlands of central Mexico: technical, economic and social aspects and their impact on poverty, *Experimental Agriculture*. 43:241-256.
- Espinosa E., Arriaga C., Francois B. y Espinoza A. (2013): Generación de valor en un Sistema Agroalimentario Localizado (SIAL) productor de quesos tradicionales en el centro de México. *Revista Facultad de Agronomía*. 112:36-44.
- Fadul L., Wattiaux M., Espinoza A., Sánchez E., Arriaga C. (2013): Evaluation of sustainability of smallholder dairy production systems in the highlands of Mexico during the rainy season. *Agroecology and Sustainable Food Systems*. 37:882-901.
- Fadul L., Alfonso A., Espinoza A., Sánchez E. y Arriaga C. (2014). Sustentabilidad de la producción de leche en pequeña escala y su contribución al desarrollo rural. En: *Contribución de la producción animal en pequeña escala al desarrollo rural*. Editado por Arriaga C. y Anaya J., 57-73. Universidad Autónoma del Estado de México, Editorial Reverte, Barcelona, España.

- FAO (2010): Status of and Prospects for Smallholder Milk Production – A Global Perspective, by T. Hemme and J. Otte. Rome.
- Galindo F. (2013): Guía para la producción sustentable en sistemas silvopastoriles. Offset Rebosan S.A. de C.V. México, D.F.
- Goodwin S. (2015): Performance pasture Payday. <http://www.theland.com.au/story/3368614/performance-pasture-payday/> (8 February 2016).
- Guadarrama J., Espinoza A., González C. and Arriaga C. (2007): Inclusion of maize or oats vetch silage for grazing dairy cows in small scale campesino systems in the highlands of central Mexico. *Journal of Applied Animal Research*. 32(1): 19-23.
- Haubi C. y Gutiérrez J. (2015): Evaluación de unidades familiares de producción de lechera en Aguascalientes: estrategias para incrementar su producción y rentabilidad, *Avances en Investigación Agropecuaria*. 19(2): 7-34.
- Hemme T. y Otte. J. (2010): Pro-poor livestock policy initiative. Status and prospects for smallholder milk production-a global perspective. Roma, Italia: ed. FAO.
- Heredia D., Espinoza A., Gonzales C. and 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.
- Hernández M. (2002): Evaluación de la relación entre trébol blanco (*Trifolium repens*) y ballico perenne (*Lolium perenne*) en praderas cultivadas de sistemas campesinos de producción de leche en el Valle de Toluca. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del estado de México. Toluca, México.
- Hernández M., Heredia D., Espinoza A., Sánchez E. and Arriaga C. (2011): Effect of silage from ryegrass intercropped with winter or common vetch for grazing dairy cows in small-scale dairy systems in Mexico. *Tropical Animal Health and Production*. 43:947-954.

- Hodgson, J. (1994): Manejo de pastos, teoría y práctica. Diana, México.
- Huhtanen P., Cabezas E., Krizsan S. and Shingfield K. (2015): Evaluation of between cow variation in milk urea and rumen ammonia nitrogen concentrations and the association with nitrogen utilization and diet digestibility in lactating cows. *Journal of Dairy and Science*. 98(5): 3182-3196.
- INEGI (2009): Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Aculco México, Clave geo estadística 15003. Disponible en <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/15/15003.pdf> (7 octubre 2015)
- Martínez C., Rayas A., Anaya J., Martínez F., Espinoza A., Prospero F. and Arriaga 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*. 44: 331-337.
- NRC. (2001): National Research Council. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Seventh Revised Edition. National Academy Press, Washington, DC.
- Ostrem L., Rapacz M., Larsen A., Dalmannsdottir S. and Jorgensen M. (2015): Influences of growth cessation and photoacclimation on winter survival of non-native *Lolium-Festuca* grasses in high-latitude regions. *Environmental and Experimental Botany*. 111: 21-31.
- 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.
- Pinedo P. y Meléndez P. (2010): Patrones temporales de recuento de células somáticas, grasa, proteína y nitrógeno ureico en leche de estanque y su asociación con fertilidad en ganado lechero en la zona centro-sur de Chile. *Arch Med Vet*. 42: 41-48.
- Pérez E., Peyraud J. and Delagarde R. (2012) N-alkanes v. ytterbium/faecal index as two methods for estimating herbage intake of dairy cows fed on diets differing in the herbage: maize silage ratio and feeding level. *Animal*, 6 (2),

232–244.

- Plata D. (2016): “Evaluación de praderas cultivadas con dos variedades de gramíneas (*Bromus catharticus* cv *Matua*, *Lolium perenne* cv *Bargala*) y su asociación en pastoreo de vacas lecheras en el noroeste del Estado de México”. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del estado de México. Toluca, México.
- Próspero F. (2013): Evaluación de la sustentabilidad de sistemas de producción de leche en pequeña escala en la época de secas en el noroeste del estado de México, en: los pastos: nuevos retos, nuevas oportunidades. Editado por Olea L., Poblaciones M., Rodrigo S., Santamaría O., 561-568. S.E.E.P. España.
- Prospero F. (2015): Evaluación de la sustentabilidad de los sistemas de producción de leche en pequeña escala en dos zonas agroecológicas contrastantes del centro de México, en: estudios socioeconómicos y ambientales de la ganadería. Editado por Cavallotti B., Ramírez B., Cesin A., Ramírez J., 139-153. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Proyecto de Norma Mexicana. PROY-NMX-700-COFOCALEC-2012. Sistema producto-leche-alimento-lácteo-leche cruda de vaca-especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba. México, D.F.
- Puebla S., Rebollar S., Albarrán B., García A. y Arriaga C. (2015): Análisis técnico económico de sistemas de bovinos doble propósito en Tejupilco, Estado de México, en la época de secas. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. 65: 13-19.
- Reyes M., Camacho T., Guevara F. (2013): Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México. Libro técnico Núm. 7. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Aguascalientes, México.
- Rao I., Peters M., Castro A., Schultze-Kraft R., White D., Fisher M., Miles J., Lascano C., Blümmel M., Bungenstab D., Tapasco J., Hyman G., Bolliger A., Paul B., Hoek R., Maass B., Tiemann T., Cuchillo M., Douchamps S., Villanueva C., Rincón A., Ayarza M., Rosenstock T., Subbarao G., Arango J., Cardoso J., Worthington M., Chirinda N., Notenbaert A., Jenet A.,



- Schmidt A., Vivas N., Lefroy R., Fahrney K., Guimarães E., Tohme J., Cook S., Herrero M., Chacón M., Searchinger T. and Rudel T. (2015): The sustainable intensification of forage-based agricultural systems to improve livelihoods and ecosystem services in the tropics. International Center for Tropical Agriculture. 407 ed.
- Rodenburg, J. (2000): Body condition scoring for dairy cattle. <http://www.omafra.gov.on.ca/english/livestock/dairy/facts/00-109.htm> (15 de diciembre de 2015).
- Romero A., Manzo F. y Gómez L. (2015): La formación de profesionales para la producción pecuaria. En: Estudios socioeconómicos y ambientales de la ganadería. Editado por Cavallotti B., Ramírez B., Cesin A. y Ramírez J., 559-580. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- SIAP (2014): Panorama de la lechería en México. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/wpcontent/uploads/boletinleche/bboletleche1trim2014.pdf> (9 de noviembre de 2015).
- SIAP (2015): Resumen nacional producción, precio, valor, animales sacrificados y peso 2014. <http://www.siap.gob.mx/resumen-nacional-pecuario/> (9 de febrero de 2016).
- Sánchez R., Zegbe J. y Gutiérrez H. (2015): Tipificación de un sistema integral de lechería familiar en Zacatecas, México, Ciencias Pecuarias. 6(3): 349-359.
- Sterling B. y Villanueva E. (2004): Geografía, un enfoque constructivista. 2ª ed., Esfinge, Naucalpan, Estado de México.
- Teuber N., Balocchi O. y Parga J. (2007): Manejo del pastoreo. America. Osorno, Chile.
- Van Soest P., Robertson J, and Lewis B. (1994). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74:3586-3597.
- Velasco M., Hernández A. y González V. (2005): Rendimiento y valor nutritivo del ballico perenne (*Lolium perenne* L.) en respuesta la frecuencia de corte.

Técnica Pecuaria México. 43(2): 247-258.

Villalobos L. y Sánchez J. (2010): Evaluación agronómica y nutricional del pasto Ryegrass perenne tetraploide (*Lolium perenne*) producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica. Agronomía Costarricense. 34(1): 43-52.