



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

“Evaluación de cuatro variedades de gramíneas bajo pastoreo de praderas por vacas lecheras en el primer tercio de lactación en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el noroeste del estado de México”

# TESIS

Que para obtener el título de  
Medica Veterinaria Zootecnista

## PRESENTA

YESSICA GUADALUPE ZAMORA JUÁREZ

## ASESORES:

DR. CARLOS MANUEL ARRIAGA JORDÁN  
DR. FELIPE LÓPEZ GONZÁLEZ  
DR. FERNANDO PROSPERO BERNAL

## REVISORES:

DR. ARTURO VICTOR GÓMEZ GONZÁLEZ  
DR. MANUEL GONZÁLEZ RONQUILLO

TOLUCA, MÉXICO, MAYO DEL 2018



## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx) y la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ), por permitirme ser estudiante de la licenciatura, a los maestros por su conocimiento otorgado en cada clase y a mis compañeros de generación, por su apoyo y amistad.

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

Al Dr. Carlos Manuel Arriaga Jordán, por la oportunidad de pertenecer a su equipo de investigación y que gracias a su experiencia nos brinda a cada uno de los miembros sus consejos ante la adversidad laboral y su apreciable amistad.

Al Dr. Felipe López González por su tiempo, paciencia, conocimiento y amistad que ayudaron a dar forma a este trabajo.

Al Dr. Fernando Prospero Bernal por su amistad, apoyo y entusiasmo por cada piedra que se presentó en el camino.

A mis revisores el Dr. Arturo Víctor Gómez González y el Dr. Manuel González Ronquillo, por sus sabios consejos y observaciones, que desde un punto de vista diferente, permitieron mejorar el desarrollo y finalización de este trabajo.

A mis compañeras y amigas, Dalia Andrea Plata Reyes y Claudia Leticia Valdez Ruiz, por su optimismo y apoyo tanto en campo como en laboratorio, que con un arduo trabajo permitió formar un objetivo en común entre nosotras.

Al Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), por permitir el uso de sus instalaciones y equipo para la realización de este trabajo.

A la T.L. Laura Edith Contreras Martínez y a la T.L. María de Lourdes Maya Salazar del ICAR, por su apoyo durante la realización de los análisis de laboratorio.

A los productores colaboradores, Don Hernán y Don Armando por permitirnos el uso de sus praderas y vacas para el proceso experimental de este trabajo.

A todos los integrantes del Equipo de Sistemas en Producción de Leche en Pequeña Escala (SPLPE), por la unidad de trabajo que formamos para dar lugar a nuevas investigaciones, que representan un logro para todos nosotros, pero sobre todo el compañerismo que ayuda a motivarnos mutuamente.

## **DEDICATORIAS**

A mis padres y hermano; por su fe, que me inspira a hacer de este lugar un mundo mejor, a través de mis acciones; por su confianza y apoyo, que me han motivado a lograr mis metas y sueños, los que van y los que faltan; por sus enseñanzas de vida, que me demuestran que cada día se aprende algo nuevo; por su paciencia, para entender que todo llega a su tiempo; por su esfuerzo, que me enseña el saber amar mi profesión para soportar el peso del trabajo; por su alegría, que me ayuda a superar los momentos difíciles y por su sabiduría, que me ayuda a afrontarlos; por su amor, que me demuestra el cariño mutuo que existe entre nosotros.

A mis abuelos, por mostrarme lo hermosa que puede ser una vida rodeada de naturaleza, lo valioso e importante que es preservarla y respetarla. Por inspirarme a tomar este camino como vida.

A mis mascotas, por mostrarme lo sencillo que es amar y perdonar sin una palabra de por medio. Que me inspiran a ser mejor en mi profesión, porque sé que su bienestar depende de mí desempeño. Que son pocas las cosas que se necesitan para vivir pleno y feliz.

## RESUMEN

Los sistemas de producción de leche en pequeña escala con alimentación basada en pastoreo continuo intensivo y concentrado comercial en pequeñas cantidades, tienden a mantener o incrementar el rendimiento de leche respecto al manejo convencional de corte y acarreo en el altiplano central de México. Apoyar la búsqueda de estrategias de alimentación, como la asociación de gramíneas-leguminosas en pastoreo, permiten cubrir los requerimientos nutricionales de vacas con rendimientos moderados, optimizando la producción de forrajes de calidad. En ese tenor el objetivo de este trabajo, fue evaluar la producción animal y de forraje, con 4 vacas Holstein en primer tercio de lactación, al basar su alimentación en pastoreo continuo intensivo de cuatro especies de gramíneas (*Festulolium* cv. Spring Green, *Lolium perenne* cv. Pay Day, *Festuca arundinacea* y *Pennisetum clandestinum*) asociadas con trébol blanco (*Trifolium repens* L. cv. Ladino) en sistemas de producción de leche en pequeña en el altiplano central de México. El experimento tuvo una duración de 56 días, dividido en cuatro periodos. Cada periodo (14 días), con diez días para la adaptación de la dieta y 4 días para la recolección de muestras de forraje y leche. Se utilizaron dos diseños estadísticos, para producción animal cada vaca fue asignada de manera aleatoria a los cuatro tratamientos con un arreglo de cuadro latino 4x4, y para la evaluación de las praderas fue bajo un arreglo estadístico de parcelas divididas. Ambos análisis se realizaron con el programa estadístico Minitab V-14. No se presentaron diferencias significativas en ninguna variable a evaluar, aceptando la hipótesis nula. La composición química de la leche se mantuvo dentro de los límites establecidos por las normas oficiales correspondientes. En la composición química de las praderas se determinó que las gramíneas evaluadas producen un forraje de buena calidad, palatable y digestible para el ganado bovino productor de leche.

**PALABRAS CLAVE:** Producción de leche, pequeña escala, *Festulolium*, Pay Day, *Festuca*, Kikuyo, Trébol blanco, asociación gramínea-leguminosa.

## ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1. Comparación de UP de los SPLPE .....	5
Cuadro 2. Grupo de vacas experimentales .....	16
Cuadro 3. Asignación de tratamientos por vaca y periodos .....	16
Figura 1. Ubicación geográfica de Aculco, Estado de México .....	22
Cuadro 4. Resultados de producción animal bajo el efecto de cuatro variedades de gramíneas asociadas con trébol blanco .....	25
Cuadro 5. Resultados de composición química de la leche en vacas lecheras de primer tercio de lactación en pastoreo intensivo .....	29
Cuadro 6. Resultados de producción de forraje de praderas de cuatro variedades de gramíneas asociadas con trébol blanco .....	29
Cuadro 7. Resultados de composición química de praderas de cuatro variedades de gramíneas asociadas con trébol blanco .....	31
Cuadro 8. Comparación de MS y MO por tratamientos (FL, RGPD y TF) con otros autores en condiciones similares a los SPLPE .....	32
Cuadro 9. Comparación de MS y MO de KY con otros autores .....	32
Cuadro 10. Comparación de FDN y FDA de KY con otros autores .....	34
Cuadro 11. Resultados de calidad nutricional del forraje de praderas de cuatro variedades de gramíneas asociadas con trébol blanco en el noroeste del Estado de México .....	35
Cuadro 12. Resultados de composición morfológica (%) de cuatro variedades de gramíneas asociadas con trébol blanco .....	36

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIAS.....	iv
RESUMEN.....	v
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISION DE LITERATURA .....	3
2.1. Los sistemas de producción de leche en pequeña escala (SPLPE).....	3
2.1.1. Los SPLPE en el mundo.....	3
2.1.2. La producción de leche y los SPLPE en México .....	3
2.1.3. Los SPLPE en el estado de México .....	4
2.2. Estrategias de alimentación en los SPLPE.....	5
2.3. Gramíneas forrajeras.....	6
2.3.1. Alta fescue cv. TF-33 ( <i>Festuca arundinacea</i> ) .....	6
2.3.2. <i>Festulolium</i> cv Spring green .....	7
2.3.3. Kikuyo ( <i>Pennisetum clandestinum</i> o <i>Cenchrus clandestinus</i> ) .....	8
2.3.4. Ryegrass perene ( <i>Lolium perenne</i> ) .....	8
2.3.4.1. Ryegrass perene ( <i>Lolium perenne</i> ) cv Payday.....	8
2.4. Leguminosa .....	9
2.5. Sustentabilidad y adaptación ante al cambio climático de los SPLPE.....	9
III. JUSTIFICACION.....	11
IV. HIPÓTESIS .....	12
V. OBJETIVOS .....	13
VI. MATERIALES.....	14
6.1. Material Biológico .....	14
6.2. Material no Biológico .....	14
6.3. Material de Campo .....	14
6.4. Material de Laboratorio.....	14
6.5. Material de Gabinete .....	15
VII. MÉTODO.....	15

7.1. Tratamientos.....	15
7.2. Diseño experimental y análisis estadístico .....	15
7.3. Variables a evaluar de la producción animal .....	17
7.3.1. Rendimiento de leche .....	17
7.3.2. Peso vivo y Condición Corporal.....	18
7.3.3 Composición química de la leche .....	18
7.4. Variables a evaluar de la producción de forraje.....	19
7.4.1. Altura de la pradera .....	19
7.4.2. Acumulación neta de forraje (ANF) .....	19
7.5. Variables a evaluar de la composición química de las praderas .....	19
7.6. Manejo del ganado .....	21
VIII. LIMITE DE ESPACIO .....	22
IX. LIMITE DE TIEMPO .....	23
X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	24
10.1. Producción animal .....	24
10.1.1. Rendimiento de leche .....	24
10.1.2. Condición corporal y Peso vivo .....	25
10.2. Composición química de la leche .....	26
10.2.1. Grasa .....	26
10.2.2. Proteína .....	27
10.2.3. Lactosa .....	27
10.2.4. Nitrógeno ureico en leche (NUL).....	28
10.3. Producción de forraje.....	29
10.3.1. Altura y Acumulación Neta de Forraje (ANF) .....	30
10. 4. Composición química de las praderas .....	30
10.4.1. Materia seca (MS) y Materia orgánica (MO) .....	30
10.4.2. Proteína cruda (PC) .....	32
10.4.3. Fibra detergente neutra (FDN).....	33
10.4.4. Fibra detergente acida (FDA) .....	33

10.4.5. Digestibilidad in vitro de la materia orgánica (DIVMO).....	34
10.4.6. Energía metabolizable (EM) .....	34
10.5. Composición morfológica de las praderas .....	36
XI. CONCLUSIONES.....	38
XII. LITERATURA CITADA .....	40

## I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción de leche en pequeña escala (SPLPE) aportan el 37% de la producción de leche a nivel nacional (Hemme, 2007) además representan el 78% de las unidades especializadas en producción de leche en México. A pesar de su infraestructura básica, generan ingresos y empleo con pocas unidades animales en producción (FAO, 2010; Camacho et al., 2017). La búsqueda de estrategias de alimentación permitirá la continuidad de los SPLPE (Martínez et al. 2015; Camacho et al., 2017); ya que los costos por alimentación llegan a representar hasta el 70% de los gastos totales de producción (Espinoza et al., 2007).

Según Prospero et al., (2017) la inclusión de gramíneas forrajeras de calidad para praderas y que los productores cosechen sus propios cultivos, favorece la rentabilidad y sostenibilidad. También, se reconoce que las praderas asociadas gramíneas-leguminosas, mediante pastoreo continuo intensivo, ayudan a reducir la inversión, permite cubrir los requerimientos nutricionales de vacas, con rendimientos moderados y al mismo tiempo, maximiza el uso de recursos con un rápido establecimiento de la pradera (Camacho y García, 2003; Espinoza et al., 2007; Pincay et al., 2013; Prospero et al. 2017); diferenciándolo del sistema “tradicional”, que no ha presentado cambios significativos en los últimos años (Arriaga et al., 2002; Eriksson, 2011). Dando así, lugar a las estrategias de alimentación alternativas en SPLPE, que ayudan a mejorar el rendimiento de leche por vaca a pesar del uso de recursos limitados y condiciones económicas poco viables (Arriaga et al., 2002).

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar una estrategia de alimentación a base de pastoreo intensivo de cuatro variedades de gramíneas; FL= *Festulolium cv. Spring Green*, RGPD= *Lolium perenne cv. Pay Day*, TF=*Festuca arundinacea* y KY=*Pennisetum clandestinum*, asociadas con trébol blanco (WC=*Trifolium repens L. cv. Ladino*); sobre la respuesta productiva en vacas lecheras, la composición química de la leche, además de la composición química y morfológica de las especies forrajeras ya mencionadas.



## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Los sistemas de producción de leche en pequeña escala (SPLPE)

#### 2.1.1. Los SPLPE en el mundo

Las principales zonas de producción de leche en el mundo se ubican en los países desarrollados, pero cerca del 90% de estas unidades de producción son Sistemas de Producción en Leche en Pequeña Escala (SPLPE), basados en la mano de obra familiar (OMS y FAO, 2011). Son de gran importancia en muchas zonas a nivel mundial, principalmente en las rurales, por ser considerados como un instrumento para reducir la pobreza. Porque produce rápidas ganancias en efectivo, una ventaja para los pequeños productores, ya que reciben ganancias diarias y constantes (FAO, 2016; Agueldo y Bedoya, 2005); y en caso de que el escenario no sea tan favorable, se puede aplicar el autoconsumo por disminución, escases de ventas o la problemática del precio estático por litro de leche (Arriaga *et al.*, 2002; Mc Dermott *et al.*, 2010; CANILEC, 2011).

Aunque la producción de leche cuenta con la oferta y la demanda, la inmensa gama de producción que diferencia a los SPLPE y las grandes empresas, impide el aumento constante del precio por litro de leche ordeñada, de los pequeños productores. Las dificultades económicas que enfrenta la producción lechera en la que se enfoca esta investigación, requiere de estrategias de alimentación diferentes a las tradicionales, para mantener su productividad (Arriaga *et al.*, 2002; Uribe y Torres, 2011).

#### 2.1.2. La producción de leche y los SPLPE en México

En México, los SPLPE se definen como pequeñas Unidades de Producción (UP) familiares, especializadas en la producción de leche de vaca con un rebaño relativamente pequeño, de entre 3 a 35 vacas más sus reemplazos (Hemme, 2007; Fadul *et al.*, 2013). Estos sistemas comprenden más del 78% de todos los productores especializados de leche del país, ocupan el 35% de la población nacional vacuna y el aportan el 37% de la producción nacional (Hemme, 2007).

México se encuentra en el décimo sexto puesto como país productor de leche de vaca a nivel mundial, es decir, dos de cada 100 litros de leche que se producen en el mundo, son de origen mexicano. A nivel nacional, destacan los estados de Jalisco, Coahuila, Durango, Chihuahua, Guanajuato, Veracruz, y el Estado de México; este último con una producción de más de 455 mil toneladas en el 2015 (SIAP, 2017). La producción de lácteos es la tercera actividad más importante, dentro de la rama industrial alimenticia; en el periodo 2003-2011, solo se logró producir un 80% de la leche consumida a nivel nacional (Secretaría de Economía, 2016) y en el periodo 2014-2015, la variación de importaciones aumento considerablemente, dando a entender que el consumo aumenta y no somos capaces de cubrir dicha demanda en nuestra nación (SIAP, 2017) a pesar de un aumento constante en la producción de leche de vaca en los últimos años. SAGARPA (2014) considera la producción de leche como una actividad que proporciona ingresos a los pequeños productores, siendo contribuyente laboral en zonas rurales y proporcionando un recurso alimenticio, capaz de mejorar la condición nutricional familiar (Aguelo y Bedoya, 2005; CANILEC, 2011; OMS y FAO, 2011).

### *2.1.3. Los SPLPE en el estado de México*

El Estado de México es una de las entidades más pobladas del país, por lo tanto, existen zonas urbanas como rurales. Las actividades agrícolas y pecuarias aún se conservan, por un número considerable de productores de medianas y pequeñas Unidades de Producción (UP), entre ellas la lechería familiar, que representa una de las actividades agropecuarias más importantes para los mexiquenses (Martínez, 2009), aportando el 4% de producción nacional (SIAP, 2017). Sin embargo, su producción ha disminuido en comparación con otros años y otros estados (Lactodata, 2016), por ende es necesario generar evidencia de estos sistemas de producción generando modelos de alimentación basados en la producción de forrajes de calidad con la disminución de insumos externos a las UP.

En los SPLPE, se propone mantener un equilibrio de la UP; entre la superficie de tierra (hectáreas), el número de vacas lecheras (unidad animal) y la producción de leche por vaca (kg/vaca/día); esto, para comparar con los promedios que reportan otros autores en sistemas de producción similares (*Cuadro 1*).

**Cuadro 1. Comparación de UP de los SPLPE**

<b>Autor</b>	<b>Hectáreas (ha)</b>	<b>Numero de vacas</b>	<b>Producción (L/vaca/día)</b>
<b>Espinoza et al. (2007)</b>	7.3	9	16.3
<b>Fadul et al. (2013)</b>	8.8	13	13.9
<b>Val Arreola et al. (2006)</b>	5.9	13	14.0

Claro está, existe la presencia de diferentes factores que pueden modificar estas características y/o resultados, mejor conocido como error experimental.

Este tipo de UP se denotan por la pequeña cantidad de recursos; otro objetivo de los SPLPE, es la sostenibilidad económica, donde limitar el número de vacas contribuye a la reinversión de los ingresos, principalmente a las mismas unidades animales (Fadul et al, 2013). Es una opción para las pequeñas granjas con recursos limitados, ya que proporciona beneficios económicos, para superar los índices de pobreza rural en el estado (Espinoza et al., 2007).

## **2.2. Estrategias de alimentación en los SPLPE**

Las estrategias de alimentación, deben ser basadas en la maximización de los recursos de los SPLPE, para cubrir los costos totales de producción, principalmente los laborales y de alimentación que son los de mayor importancia, así como de mayor costo (Posadas et al., 2014).

Cultivando las praderas en el hogar, la compra de concentrado en cantidades moderadas y el pastoreo del ganado durante todo el año con acceso al riego; son ejemplos que han demostrado viabilidad económica con rendimientos de leche aceptables al noroeste del estado (Arriaga et al., 2002; Hernández et al. 2011; Albarrán et al., 2012; Pincay et al., 2013; Martínez et al., 2015).

La selección de forrajes también es primordial, ya que es preferente una variedad de alto rendimiento con resistencia a enfermedades y estrés hídrico, siendo la forma más económica de evitar pérdidas (Simões, 2015). Algunos forrajes que se recomiendan utilizar, por considerarse como pastos mejorados, es el ballico perenne (*Lolium perenne*) y festuca alta (*Festuca arundinaceae*) en variedades (cv.) libres de endófitos (Stuedemann y Hoveland, 1988); convenientemente el híbrido de estas dos gramíneas, Festulolium, también ha demostrado buenos resultados (López *et al.*, 2016).

El costo del transporte y de los cultivos forrajeros debe considerarse, como costos por insumo para producción de forrajes; incluyen el costo del riego, la preparación de la tierra, la aplicación de fertilizante natural (estiércol), la irrigación antes de la siembra, maquinaria y mano de obra contratada. De este último, los costos del trabajo se podrían considerar nulos, ya que en la mayoría de SPLPE los miembros de la familia forman la mano de obra (Espinoza *et al.*, 2007), sin embargo se debe de considerar un costo de oportunidad.

Ante los nuevos escenarios de producción, se requiere de una investigación enfocada por UP y evaluar otras variedades de gramíneas, asociaciones con leguminosas y/o complementos alimenticios en los SPLPE, con características adaptables a las circunstancias; tanto para la producción animal como para la del forraje (Gómez, 2016), con el propósito de encontrar una estrategia de alimentación de buena calidad, ya sea anual o estacional (Camacho y García, 2003).

## **2.3. Gramíneas forrajeras**

### *2.3.1. Alta fescue cv. TF-33 (Festuca arundinacea)*

La Festuca alta o Alta fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) es una gramínea perenne con la capacidad para producir forraje de alta calidad por su adaptabilidad a suelos poco fértiles (Bazzigalupi y Bertín, 2014), tiene atributos persistentes que mantienen la productividad bajo estrés hídrico y gran una capacidad para recuperarse retomando el riego (Turner *et al.*, 2012) o como lo menciona Simões,

(2015) persistencia ante veranos calientes y secos. Aunque mantiene su crecimiento, si disminuye su calidad nutritiva en la temporada primavera-verano (Burns, 2009), pero manteniendo una altura considerable con defoliación frecuente permite mejorar la calidad del forraje (Donaghy *et al.*, 2008; Di Marco *et al.*, 2013). También cabe mencionar la historia de la toxicidad de la festuca por su asociación con un endófito fúngico, *Acreminium coenophialum*, que se constituye como un problema en la lactancia de los rumiantes (Stuedemann y Hoveland, 1988), pero en contraste, estos alcaloides tienen el beneficio de reducir la herbívoría de insectos (Marks y Clay, 1996). Además, existen variedades (cv.) como la TF-33, que es una combinación de cv. libres de endófitos, seleccionadas por su buen desempeño y valor nutritivo.

### 2.3.2. *Festulolium cv Spring green*

El *Festulolium* (*Festulolium loliaceum*) se desarrolló a partir de una colaboración entre la Universidad de Wisconsin, Pure Seed Testing Inc., AgResearch Intl. Inc. y Peter G. Pitts, agricultor y empresario ubicado cerca de Spring Green, Wisconsin, de ahí el nombre, y fue dado de alta por la Wisconsin Agricultural Experiment Station en enero de 1997 (Casler *et al.*, 2001). Se obtuvo de una amplia práctica del fitomejoramiento entre las cv. WFLr y W4KG (Casler, 1990).

Los *Festuloliums* son híbridos (*Festuca* × *Lolium*) con la calidad de la festuca alta y la supervivencia mejorada del ryegrass perenne (Olson *et al.*, 2014), ya que están establecidos como especies forrajeras comerciales en todo el mundo (Barnes *et al.*, 2014). Su valor nutritivo es mayor durante el invierno (Dierking *et al.*, 2008), tiene una mayor acumulación neta de forraje, con rendimientos y composición de leche similares a Ryegrass perene cv. *Pay day* y cv. *Bargala* (López *et al.*, 2016).

### 2.3.3. *Kikuyo (Pennisetum clandestinum o Cenchrus clandestinus)*

El kikuyo es una especie de pasto africana con alta tasa de crecimiento, productivo y adaptable, que bajo pastoreo o corte, genera un césped denso, proliferativo de vigorosa y profusa ramificación, apto contra la sequía. Pero en otras palabras se podría definir como un pasto invasivo y naturalizado, que muchos consideran poco deseable por su bajo valor nutritivo, efecto de los taninos, pero aun así es palatable y digerible para el ganado bovino (Marais, 2001; Chipatecua *et al.*, 2007; Florián, 2009; Criollo *et al.*, 2012).

Por ello la incorporación estratégica de algún otro suplemento a esta gramínea, puede aumentar la producción de materia seca (MS) y la calidad de la pastura (Espinoza *et al.*, 2007; Willis, 1995); por ejemplo, la presencia (sobre-sembrados) de un componente de ryegrass en los pastos de kikuyo durante el verano y el otoño, mejora la producción anual de MS (Van der Colf *et al.*, 2015).

### 2.3.4. *Ryegrass perene (Lolium perenne)*

El ballico perenne (*Lolium perenne*) es la gramínea de clima templado más utilizada en praderas, por ser competitivamente dominante sobre otras gramíneas, se puede utilizar sola o asociada y mantiene un crecimiento óptimo entre los 18-20°C (Simões, 2015). Aunque tiene sus aspectos negativos, como el estrés hídrico y reducción de crecimiento a temperaturas mayores a 25°C (Parsons y Chapman, 2000), es la especie forrajera más importante en el noroeste de Europa, tanto para el corte como para el pastoreo (Norris, 1982). Crece mejor en climas templados, con suelos ricos y húmedos, también en los ligeros y abonados, siempre y cuando haya suficiente humedad (Muñoz *et al.*, 2007). Una vez establecida la pradera en condiciones favorables, persiste un mínimo de cinco años (López, 1988).

#### 2.3.4.1. *Ryegrass perene (Lolium perenne) cv Payday*

La cv. Payday es una gramínea de clima templado, resistente a inundaciones y a enfermedades como la roya, de fácil establecimiento, usado en asociación con otras

especies de gramíneas y/o leguminosas (Camacho y Garcia, 2003) y excelente para su uso directo al pastoreo o corte (Cosgrove *et al.*, 1999; Goodwina, 2015). Su ficha técnica, la caracteriza como una variedad de alta calidad, por su persistencia en las praderas y de muy buen rendimiento, especialmente en verano (Mtviewseeds, 2014).

## **2.4. Leguminosa**

### *2.4.1. Trébol blanco (Trifolium repens L. cv. Ladino)*

Es una leguminosa perenne de flores blancas y hojas trifoliadas ovales con buena palatabilidad, tolerante al estrés hídrico y altas temperaturas (Zuleta, 2017; Sagraseed, 2017). La composición botánica de esta leguminosa, tiene mayor proliferación de forraje en las estaciones de verano, otoño e invierno, incluso mayor que la producida por gramíneas como Ryegrass y Festuca, con las que usualmente se asocia. Solo que por su crecimiento en estolones, le impide competir por los nutrientes, convirtiéndola como cultivar secundario de las praderas asociadas (Camacho y García, 2003; Mc Donagh *et al.*, 2017)

El uso de leguminosas apoya la disminución de costos, referente al uso de fertilizantes nitrogenados, debido a su asociación con las bacterias del género *Rhizobium* que favorece la simbiosis de nitrógeno (Camacho y García, 2003).

## **2.5. Sustentabilidad y adaptación ante al cambio climático de los SPLPE**

Actualmente el cambio climático se ha convertido en tema mundial, en las últimas décadas se han registrado las temperaturas más altas en la historia, rebasando el promedio esperado. Toda esta problemática es fruto de las actividades antropogénicas, que han provocado un acelerado deterioro del ambiente, por la disminución de la base de los recursos naturales. Este impacto de cambio se traduce en fenómenos climáticos extremos, como sequías más prolongadas y severas, fríos más intensos, lluvias más fuertes, entre otros. Ante este problema, México también se convierte en una zona vulnerable, las lluvias son más erráticas

e inciertas, con periodos de sequía más prolongados, y menores precipitaciones totales (Greenpeace, 2014; IPCC, 2014).

Para repercutir en la restauración ambiental se requiere un mayor entendimiento y difusión de los impactos que el cambio climático concierne; es necesario investigar acciones apropiadas que permitan restablecer la capacidad de los sistemas agrícolas sin limitar la producción agropecuaria (Pretty, 2007; Thornton *et al.*, 2009). Es necesario lograr sistemas de producción económicamente viables, socialmente justo y ambientalmente sanos, con las finalidad de mantener a través del tiempo los sistemas de producción (Vilain *et al.* , 2008), por ejemplo, evaluar opciones de adaptación para los SPLPE; para no repercutir en la calidad de vida de las familias productoras por el papel que representan en el desarrollo rural (Val Arreola *et al.*, 2006; Espinoza *et al.*, 2007; Pincay *et al.*, 2013); a fin de que puedan reducir los impactos negativos sin efectos adversos, alternativas accesibles y eficaces para los productores (Pretty, 2007) tales como la selección de cultivos forrajeros óptimos para las nuevas condiciones (Camacho y García, 2003; Espinoza *et al.*, 2007; Simões, 2015, Gómez, 2016); así como mejorar los aspectos de producción como nutrición, genética, reproducción del ganado y salud animal bajo un enfoque de manejo ambiental y cooperación político-pública (Thornton *et al.*, 2009).

### III. JUSTIFICACION

La producción de leche es una actividad agroalimentaria de gran importancia por su habitual consumo y demanda en el mundo, sin ser México la excepción. Nacionalmente la producción láctea se divide en tres tipos: la especializada o estabulada, la de doble propósito y la de pequeña escala; esta última de interés en este trabajo.

Específicamente hablando del Estado de México, en el municipio de Aculco de Espinoza, la producción de leche representa una actividad rural importante e indispensable, abarcando aspectos tanto económicos y culturales. Una forma de conservar e impulsar la actividad lechera en esta región, es la búsqueda de nuevas estrategias de alimentación del ganado lechero a partir de dietas de alto valor nutritivo con reducción de costos y menor impacto ambiental, entre otros beneficios mediante la investigación participativa.

La propuesta de este trabajo fue evaluar praderas basadas en cuatro gramíneas, asociadas con trébol blanco, como alimentación de ganado lechero bajo pastoreo intensivo, por vacas lecheras en primer tercio de lactación en los sistemas de producción de leche en pequeña escala. Los tratamientos fueron: TF=*Festuca alta* TF-33, FL=*Festulolium cv. Spring Green*, PD=*Ryegrass perenne cv. Payday* y KY=*Penisetum clandestinum* asociados con WC=*Trifolium repens L. cv. Ladino*; se realizó en Aculco, Estado de México y se evaluó como opción ante las condiciones y limitaciones en que se desarrollan los SPLPE actualmente.

#### **IV. HIPÓTESIS**

No existen diferencias en el desempeño productivo de vacas lecheras en primer tercio de lactación, en cuanto a rendimiento y composición química de la leche, al basar su alimentación en el pastoreo continuo intensivo, de cuatro especies de gramíneas asociadas con trébol blanco, en sistemas de producción de leche en pequeña escala.

No existen diferencias en la producción de forraje; calidad, composición química y morfológica de praderas cultivadas con cuatro especies de gramíneas asociadas con trébol blanco, bajo pastoreo intensivo en sistemas de producción de leche en pequeña escala.

## V. OBJETIVOS

Evaluar el efecto de cuatro especies de gramíneas asociadas con trébol blanco en pastoreo intensivo, sobre el rendimiento de leche, condición corporal y peso vivo en vacas lecheras en primer tercio de lactación.

Evaluar el efecto de cuatro especies de gramíneas asociadas con trébol blanco en pastoreo intensivo, en el contenido de grasa, proteína, lactosa y nitrógeno ureico en leche de vacas en primer tercio de lactación.

Evaluar la calidad del forraje, por medio de la altura y acumulación neta de forraje de las praderas, de cuatro especies de gramíneas asociadas con trébol blanco, en pastoreo continuo intensivo en el noroeste del Estado de México.

Evaluar la composición química (materia seca, proteína cruda, materia orgánica, fibra detergente neutro, fibra ácido detergente, digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica y energía metabolizable); y morfológica (trébol vivo, trébol muerto, proporción de trébol, pasto vivo, pasto muerto, proporción de pasto, proporción vivo, proporción muerto) de cuatro especies de gramíneas asociadas con trébol blanco, en pastoreo continuo intensivo en el noroeste del Estado de México.

## **VI. MATERIALES**

### **6.1. Material Biológico**

Se seleccionaron cuatro vacas Holstein en primer tercio de lactación con características específicas similares.

Praderas con cerco eléctrico propiedad del productor colaborador.

### **6.2. Material no Biológico**

Bultos de concentrado comercial, marca Malta 20% de PC (40 kg c/u).

Báscula portátil electrónica Gallagher MR con capacidad para 1000 kg.

Báscula digital ScoutPro con capacidad para 2 kg.

### **6.3. Material de Campo**

#### *6.3.1. Leche*

Botes de plástico de 200 mL, cucharones, etiquetas, hielera, básculas de reloj capacidad de 20 kg, analizador de leche por ultrasonido Lacti-check Modelo LC-01/A.

#### *6.3.2. Praderas*

Bolsas de plástico, marcadores permanentes, 1 pastómetro (medidor de altura de pradera de plato ascendente), 1 cuadrante de metal 0.16 m<sup>2</sup> (0.4m x 0.4m), 24 jaulas de exclusión 0.5m<sup>2</sup> (0.25 m x 0.25 m), tijeras de esquila, botas de hule y overol.

### **6.4. Material de Laboratorio**

Reactivos varios, baño María, platinas, balanza analítica, estufa de aire forzado, molino Pulvex 200, bolsas de papel, frascos de plástico, etiquetas, marcadores permanentes, bolsas Ankom, analizador de fibras Ankom 200, incubadora Ankom Daisy, mufla, crisoles, digestor Buchi, destilador Kjeldahl, bata blanca, guantes, cubrebocas, lentes de protección, zapatos cerrados, overol, mascarilla y bitácora.

## **6.5. Material de Gabinete**

Libros, artículos científicos, computadora con Windows y programas Microsoft Word y Microsoft Excel, libretas de campo, marcadores permanentes, bolígrafos y lápices.

## **VII. MÉTODO**

### **7.1. Tratamientos**

El trabajo se llevó a cabo en una unidad de producción de leche en pequeña escala de un productor de Aculco, que colabora en el proyecto “Evaluación de la sustentabilidad de sistemas de producción de leche en pequeña escala” (Clave UAEM 1935/2011C financiado por CONACYT), a través del enfoque de investigación participativa rural para el desarrollo de tecnología ganadera (Conroy, 2005).

Se evaluó el pastoreo continuo de cuatro variedades de gramíneas;

*Festulolium* cv. *Spring Green* (FL)

*Pennisetum clandestinum* (KY)

*Lolium perenne* cv. *Pay Day* (RGPD)

*Festuca arundinacea* cv. TF-33 (TF)

Asociadas con:

*Trifolium repens* L. cv. *Ladino* (WC)

La dosis de siembra para las praderas de FL, RGPD y TF, fue de 30 kg/ha de semilla de gramínea y 3 kg/ha de semilla de trébol blanco; la pradera de KY se estableció anteriormente por invasión, dadas las características de esta gramínea.

Las vacas permanecieron en las praderas de 8:00 a 17:00 horas, y fueron suplementadas en corral con 4.65 kg de MS/vaca/día de concentrado comercial, marca Malta con un 20% de proteína cruda, distribuido en dos raciones durante los ordeños a mano, dos veces al día (06:00 y 18:00 horas).

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

El experimento tuvo una duración de 56 días; divididos en cuatro periodos experimentales de 14 días cada uno, de los cuales, diez días fueron de adaptación

a la dieta y 4 días para la recolección de muestras de forraje y leche. Además del registro de datos, siguiendo la metodología propuesta por Pérez *et al.* (2012) en estudios similares.

Se seleccionaron cuatro vacas Holstein en ordeño, en condiciones fisiológicas (primer tercio de lactación, número de partos) y anatómicas (condición corporal) similares específicas (Cuadro 2), que en el pre-experimental contaban con un promedio de rendimiento en grupo de 22.2L/día.

**Cuadro 2. Grupo de vacas experimentales**

Vaca	DEL	PV (kg)	CC (1-5)	No. de Partos	Gestación	RL Total (L/vaca/día)
6976	30	643	2.5	4	No	27.4
6970	30	632	3.0	3	No	23.1
6971	90	541	2.5	3	No	18.7
6972	90	483	2.5	3	No	19.7

DEL= Días en Leche; PV= Peso Vivo; CC= Condición Corporal; RL= Rendimiento de leche.

Cada vaca fue asignada de manera aleatoria a las secuencias de los cuatro tratamientos con un arreglo de cuadro latino 4 x 4. Por medio de una doble aleatorización para la secuencia de los tratamientos y para la distribución de las vacas en cada tratamiento, fueron distribuidas como se muestra en la Cuadro 3.

**Cuadro 3. Asignación de tratamientos por vaca y periodos.**

Vaca	Periodos			
	I	II	III	IV
6976	FL	RGPD	KY	TF
6970	RGPD	TF	FL	KY
6971	KY	FL	TF	RGPD
6972	TF	KY	RGPD	FL

FL= *Festulolium cv. Spring Green*; KY= *Pennisetum clandestinum*; RGPD= *Lolium perenne cv. Pay Day*; TF= *Festuca arundinacea*.

Se utilizaron dos modelos estadísticos para el análisis, el primer modelo es para la evaluación de las variables de producción animal, que consta de:

$$Y_{ijkl} = \mu + V_i + P_j + t_k + e_{ijkl}$$

Donde:

$Y_{ijkl}$  = variable respuesta

$\mu$  = Media general

$V_i$  = Efecto vacas (1, 2, 3, 4)

$P_j$  = Efecto debido al periodo experimental (1, 2, 3, 4)

$T_k$  = Efecto de tratamiento (1, 2, 3, 4)

$E_{ijkl}$  = Error experimental.

Y el segundo modelo es para la evaluación de las praderas, bajo un arreglo estadístico de parcelas divididas, que consta de:

$$Y = \mu + PM + Pm + B + PM*Pm + PM*B + Pm*B + e$$

**Dónde:**

$Y$  = Variable respuesta

$\mu$  = Media general

$PM$  = Efecto debido a Parcela Mayor (1, 2, 3, 4)

$Pm$  = Efecto debido a Parcela menor (1, 2, 3, 4)

$B$  = Efecto debido a Bloques (1, 2)

$PM*Pm$  = Efecto debido a la interacción entre Parcela Mayor y Parcela menor

$PM*B$  = Efecto debido a la interacción entre Parcela Mayor y Bloques

$Pm*B$  = Efecto debido a la interacción entre Parcela menor y Bloques

$e$  = error experimental

Ambos análisis con el programa estadístico Minitab V-14.

### **7.3. Variables a evaluar de la producción animal**

#### *7.3.1. Rendimiento de leche*

Se registró el rendimiento diario de leche de las cuatro vacas, de acuerdo con las prácticas de manejo usuales del productor, durante las dos ordeñas del día a las 06:00 y 17:00 horas realizadas a mano. Las mediciones se realizaron los últimos cuatro días de cada periodo experimental, pesando la leche con una báscula de reloj con capacidad para 20 kg y una cubeta. Para el análisis de resultados, se utilizaron los valores promedio individuales de cada vaca, expresando el resultado en kg de leche/vaca/día.

### *7.3.2. Peso vivo y Condición Corporal*

El peso vivo de las vacas (kg), se registró al inicio y al final de cada periodo experimental, durante dos días consecutivos después del primer ordeño (AM), con la finalidad disminuir la variación, utilizando una báscula portátil Gallagher MR con capacidad de 1000 kg.

Por otro lado, la condición corporal se evaluó de acuerdo a la BCS (Body Condition Scoring, por sus siglas en inglés), en una escala de 1 a 5 (Elanco, 2009) con 17 subdivisiones de 0.25; siendo la calificación baja de 1 como un animal emaciado (muy delgado de estructuras óseas prominentes y palpables); alta con escala de 5, un animal gordo (estructuras óseas no palpables recubiertas por grandes masas de tejido graso) y entre 2.5 y 4 como calificación estándar (Frasinelli *et al.*, 2004; Elanco, 2009).

### *7.3.3 Composición química de la leche*

Las muestras de leche fueron recolectadas directamente de los contenedores, inmediatamente después del ordeño de cada vaca por separado y se realizó una homogenización con las muestras de ambos ordeños (AM y PM), se preparó una alícuota de 200 ml respecto a la producción del día, respetando la proporción de cada ordeño y se analizaron en la misma unidad de producción, para determinar su composición en cuanto a grasa, proteína, lactosa y pH mediante el analizador de leche por ultrasonido Lacti-check modelo LC/01.

Las muestras se mantuvieron en congelación y una vez finalizados los 4 días de medición, fueron transportadas al laboratorio de lácteos del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, para determinar la concentración de nitrógeno ureico en leche (NUL), con el método colorimétrico enzimático (Chaney y Marbach, 1962) a través de un espectrofotómetro.

## **7.4. Variables a evaluar de la producción de forraje**

### *7.4.1. Altura de la pradera*

Las mediciones de altura de cada pradera, se registraron los últimos cuatro días de cada período experimental, de acuerdo a la técnica de plato ascendente descrita por Hodgson (1994). Consiste en un plato de aluminio, que se desliza sobre una varilla central graduada en centímetros que toca el suelo y el plato es suspendido por la altura y densidad del forraje, permitiendo conocer la altura comprimida y establecer un promedio. La técnica consta de 20 mediciones en zigzag con un patrón de “W” cada 20 pasos, abarcando el área total.

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

La acumulación neta de forraje, fue calculada con la finalidad de determinar el crecimiento promedio en cada periodo, este es un método directo que estima la disponibilidad de forraje, útil para el manejo del pastoreo continuo intensivo.

Se utilizaron seis jaulas de exclusión de 0.25m<sup>2</sup> (0.50 x 0.50 m) por cada pradera, colocadas de manera aleatoria para la determinación del crecimiento del forraje, a partir de cortes delimitados del área con un cuadrante de metal de 0.16m<sup>2</sup> (0.40 m x 0.40 m). El primer corte fue correspondiente al día 0 y se realizó a un lado de la jaula de exclusión; el segundo corte correspondiente al día 14, se realizó dentro de la jaula con el mismo cuadrante; por diferencia se estimó la acumulación neta de forraje y el resultado se expresó en Kg de MS/ha, repitiendo el procedimiento en los cuatro períodos de experimentación (día 0 y día 14).

Los cálculos se realizaron con la ecuación descrita por Teuber *et al.*, (2007): ANF = [peso promedio final de materia seca en el interior de la jaula el día 14 (g)] - [peso promedio inicial de materia seca disponible fuera de la jaula en el día cero (g)].

## **7.5. Variables a evaluar de la composición química de las praderas**

Los análisis bromatológicos de las muestras de forraje, se realizaron en su totalidad en el laboratorio del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) de la

UAEM, de acuerdo con los procedimientos establecidos, basados en los protocolos de la AOAC, (1990).

Para la obtención de las muestras, se utilizó la técnica de pastoreo simulado que consiste en recolectar muestras al azar de toda la pradera con la mano, de forma semejante a los cortes que hace el ganado al pastorear, lo que permite tener un buen estimador de la calidad nutritiva del forraje consumido por las vacas. Se realizó en cada una de las cuatro praderas, durante los cuatro días de medición de cada período experimental, colectando una muestra compuesta. Las muestras del concentrado comercial, se recolectaron el último día de cada periodo experimental. Los componentes a determinar, tanto para las muestras de pastoreo simulado de las praderas como para el concentrado fueron:

- Materia Seca (MS), colocando las muestras en una estufa de aire forzado a 65°C durante 48 horas; posteriormente se molieron en el molino Pulvex 200 y se determinaron las cenizas o Materia Orgánica (MO) al colocar la muestra en una mufla a temperatura de 550°C, durante 3 horas (Wattiaux *et al.* 2005).
- Se determinó el Nitrógeno por el método de Kjeldahl (AOAC, 1990), calculando el total de Proteína Cruda (PC) al multiplicar la cantidad de nitrógeno total presente en la muestra por 6.25 (AOAC, 2007).
- Las fracciones de fibra se determinaron, según el método descrito por Van Soest *et al.* (1991), en términos de fibra detergente neutro (FDN) y de fibra detergente ácido (FDA) mediante el método de Ankom (2005) con alfa amilasa sin corrección de cenizas.
- La digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO), se determinó a través del método de incubación enzimática, descrito por Riveros y Argamentaría (1987), en el cual las muestras después de la determinación de FDN, se incubaron por 24 horas con una mezcla de celulasa (Onozuka R-10); seguido por la determinación de cenizas después de la incubación. El cálculo empleado es:  $DIVMO \cdot (1000 - \text{cenizas}) / 1000$ , donde DIVMO (g/kg MO) y cenizas (g/kg MS).

- Para estimar la Energía Metabolizable (EM), se utilizaron los valores promedio de la DIVMO de los tratamientos, la estimación se realizó con la siguiente fórmula (AFRC, 1993):  $EM \text{ (MJ/kg MS)} = k * DMO \text{ (g/kg MO)}$  donde  $k=0,01557$  y  $DMO$ =digestibilidad de la materia orgánica (g/ kg MO).



### **7.6. Manejo del ganado**

Después del primer ordeño (AM), cada vaca se llevó a la pradera correspondiente según la secuencia de tratamientos y periodos establecidos. El pastoreo tuvo una duración de 8 horas (9:00 a 17:00 h), disponiendo de agua *ad libitum*.

## VIII. LIMITE DE ESPACIO

La unidad de producción de leche en pequeña escala donde se realizó el trabajo experimental, se ubica en el Ejido La Concepción, que pertenece a Aculco de Espinoza; municipio que se ubica al noroeste del Estado de México, colinda al norte con el estado de Querétaro y el municipio de Polotitlán, al sur con los municipios de Acambay y Timilpan, al este con el municipio de Jilotepec y al oeste con el estado de Querétaro (Figura 1). Cuenta con una superficie de 453.3 km<sup>2</sup>, con una altitud de 2 440 msnm y un clima es templado sub-húmedo, con una temperatura media de 13.2°C, con precipitación pluvial promedio anual de 699.6 mm (INEGI, 2009; INAFED, 2010).



. Figura 1. Ubicación geográfica de Aculco, Estado de México

Los análisis de laboratorio se realizaron en el Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) de la Universidad Autónoma del Estado de México, ubicado en el Campus Universitario “El Cerrillo”, Toluca, Estado de México.

## **IX. LIMITE DE TIEMPO**

La fase experimental se realizó durante la temporada de lluvias, con una duración de 56 días, divididos en cuatro períodos de 14 días cada uno. Del lunes 8 de agosto al domingo 2 de octubre de 2016.

Los períodos fueron divididos como a continuación se muestra:

Período 1 (PI)	08 de agosto al 21 de agosto
Período 2 (PII)	22 de agosto al 04 de septiembre
Período 3 (PIII)	05 de septiembre al 18 de septiembre
Período 4 (PV)	19 de septiembre al 02 de octubre

La fase de laboratorio se realizó durante los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2016.

## X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 10.1. Producción animal

#### 10.1.1. Rendimiento de leche

En el cuadro 4 se muestran los resultados de producción animal, en el cual se observa que no existen diferencias entre los tratamientos evaluados ( $P>0.05$ ), con un rendimiento promedio de 14.9 kg de leche por vaca por día. Estos resultados, se deben a que las praderas presentaron una buena calidad y la cantidad de concentrado mantuvo los rendimientos de producción. Los resultados que se obtuvieron en este trabajo son similares a los reportados por López *et al.* (2016) y Marín y Torres (2017), quienes observaron producciones de leche de 15.7 kg y 14.8 kg, respectivamente.

Los resultados por tratamiento, muestran que el rendimiento de leche (RL) de *Festuca arundinacea* (TF) (15.3 kg/vaca/día) es similar a Marín y Torres (2017) (14 kg/vaca/día), en tratamiento de praderas de festuca alta más heno de triticale como complemento en SPLPE. El *Festulolium* (FL) (15.4 kg/vaca/día) tiene una producción similar a la de López *et al.* (2016) (15.8kg/vaca/día) de la cv. *Spring Green*, una de las tres gramíneas evaluadas en el mismo tipo de sistemas de producción en praderas del altiplano central de México. Respecto al *Lolium perenne* cv. *Pay Day* (RGPD) (14.6 kg/vaca/día), en comparación a otros autores en SPLPE, presenta una producción similar con Rosas (2016) (15.5 kg/vaca/día), pero con Gómez (2016) (18.7 kg/vaca/día) es diferente.

Respecto al *Pennisetum clandestinum* (KY), no se encontraron valores de referencia en climas similares a la región de estudio, la mayoría se encuentran en estudios en climas tropicales al ser una gramínea C4. El rendimiento promedio fue de 14.1 kg de leche por vaca al día. Autores como Ramírez y García (2005), en un estudio de renovación de pasturas degradadas de Kikuyo con diferentes métodos de labranza en Colombia, reportan una media de producción de 7.3 kg/vaca/día; Castro *et al.* (2008) y Mojica *et al.* (2009) obtuvieron rendimientos de 19.6 kg/vaca/día y 22.6 kg/vaca/día, respectivamente, el primero es un estudio de

producción de leche bajo pastoreo de gramínea–gramínea (kikuyo y festuca), y el segundo es un estudio de la respuesta productiva en la oferta de kikuyo y ensilado de avena, ambos en vacas con características similares a las del presente trabajo.

Botha et al. (2008b) reporta una producción de 18.1 kg/vaca/día, siendo un estudio de sobresebrado anual de kikuyo con ryegrass, trébol blanco y rojo en un periodo de tres años.

**Cuadro 4. Resultados de producción animal bajo el efecto de cuatro variedades de gramíneas asociadas con trébol blanco**

Variable	Tratamiento				EEM	Media	P
	FL	KY	RGPD	TF			
<b>RL(kg/vaca/día)</b>	15.4	14.1	14.6	15.3	0.32	14.9	0.213 <sup>NS</sup>
<b>PV (kg)</b>	459	491	496	499	6.30	486	0.169 <sup>NS</sup>
<b>CC (1-5)</b>	2.5	2.5	2.5	2.5	0.04	2.5	0.455 <sup>NS</sup>

RL= Rendimiento de Leche; PV= Peso Vivo; CC= Condición corporal; FL= *Festulolium* cv. *Spring Green*; KY= *Pennisetum clandestinum*; RGPD= *Lolium perenne* cv. *Pay Day*; TF= *Festuca arundinacea*; EEM= Error Estándar de la Media; P= valor de P; <sup>NS</sup>= P>0.05, No Significativo.

#### 10.1.2. Condición corporal y Peso vivo

El peso vivo y la condición corporal fue similar entre tratamientos (P>0.05), obteniendo un promedio de peso vivo de 486 kg y una condición corporal promedio de 2.5, como se muestra en el cuadro 4.

Los resultados de PV y la CC mantienen una buena correlación entre sí, en comparación a otros trabajos similares (Gómez, 2016; López *et al.*, 2016; Rosas, 2016; Marín y Torres 2017), donde la mayoría reporta vacas con PV de más de 500 kg, pero de muy pobre condición. Frasinelli *et al.* (2004) menciona que la raza y edad influyen en el PV, pero no en la escala de CC; también menciona que un punto de condición corporal (1.0 CC) equivale a 50 kg de Peso vivo.

Referente al tratamiento de KY, no existen referencias en el área de estudio, ni condiciones climatológicas similares a las presentadas en este estudio. Ramírez y García (2005) reportan 2.75 de CC en bovinos de doble propósito con 60 días en lactación de 2 y 5 partos en Colombia. Este estudio podrá servir de referencia en

los sistemas de producción de leche en pequeña escala al no existir referencias respecto al KY, que abre una nueva área de oportunidad al ser una gramínea C4 adaptada a un clima templado subhúmedo, con características de poder invadir praderas para pastoreo de vacas lecheras con rendimientos moderados de producción de leche sin afectar en peso vivo y la condición corporal respecto a praderas de gramíneas C3, como se muestra en la tabla 4.

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

### *10.2.1. Grasa*

El contenido de grasa en leche fue similar entre tratamientos ( $P>0.05$ ), con una media de 35 g/kg. Producción similar en comparación con el pre-experimental (34 g/kg), pero diferente a Prieto *et al.* (2017) (28 g/kg), promedio de grasa en la leche de vacas en el trópico con sistema de pastoreo intensivo en primer tercio de lactación. Cabe mencionar que la concentración de grasa producida por cada tratamiento, cumple con lo establecido por la norma NOM-155-SCFI-2012 ( $\geq 32$  g/kg).

Los resultados por tratamiento muestran ciertas similitudes con las investigaciones de los autores en condiciones similares a los SPLPE antes mencionados; según el cuadro 5 el contenido de grasa del FL (34 g/kg) fue similar al obtenido por López *et al.* (2016) (34 g/kg) pero diferente a Gómez (2016) (37 g/kg); el resultado de TF (35 g/kg) fue diferente a lo reportado por Marín y Torres (2017) (38 g/kg); el RGPD (36 g/kg) se mantiene en rango según los resultados de Gómez (2016) (38 g/kg) y Rosas (2016) (34 g/kg). En cuanto al contenido de grasa del KY (35 g/kg), recalcando que esta gramínea no cuenta con muchos antecedentes SPLPE, en comparación con autores ya mencionados por similitud en ciertas características, los resultados son similares con respecto a Castro *et al.* (2008) (35 g/kg), pero diferentes a Ramírez y García (2005) (20.0 g/kg).

### 10.2.2. Proteína

No existen diferencias significativas ( $P>0.05$ ) en el contenido de proteína de la leche, pero los resultados por tratamientos fueron similares entre sí con una media de 32 g/kg y un error estándar de 0.19. Se mantienen dentro de las especificaciones de la NOM-155-SCFI-2012 ( $\geq 31$  g/kg).

Los resultados por tratamiento (cuadro 5) son: el FL (32 g/kg) obtuvo una producción similar a López *et al.* (2016) (32 g/kg); el RGPD (32 g/kg) con una producción similar a Rosas (2016) (32 g/kg) y Gómez (2016) (33 g/kg); el TF (32 g/kg) también mostro similitud con Marín y Torres (2017) (32 g/kg); mientras que la producción de KY (32 g/kg) es diferente a la de Castro *et al.* (2008) (28 g/kg).

### 10.2.3. Lactosa

No existen diferencias significativas ( $P>0.05$ ) en la producción de lactosa, pero presenta una producción similar entre tratamientos con una media de 46 g/kg, determinando que se mantiene en regla con la NOM-155-SCFI-2012 (43-50 g/kg).

Y en los resultados comparativos por tratamiento en SPLPE; el FL (46 g/kg) y el RGPD (46 g/kg) obtuvieron producciones similares a las reportadas por Gómez (2016) (47 g/kg) (48 g/kg); el TF (46 g/kg) tiene una producción similar a Marín y Torres (2017) (46 g/kg). Por último, el KY (46 g/kg) obtuvo una producción similar en comparación con Gallego *et al.* (2017) (46 g/kg) en producción de leche del trópico en vacas Holstein de Colombia.

Las concentraciones de las variables grasa, proteína y lactosa se mantienen dentro de las especificaciones establecidas por la norma NOM 155-SCFI-2012, y según la NMX-700-COFOCALEC-2014, la producción de cada tratamiento se mantiene dentro de la clase A. La calidad fisicoquímica de la leche se puede mantener dentro de los estándares determinados por las normas oficiales mexicanas en sistemas en pastoreo continuo intensivo en praderas asociadas de gramíneas y leguminosas.

#### 10.2.4. Nitrógeno ureico en leche (NUL)

En el cuadro 5 se muestran los valores promedio por tratamiento de NUL no identificando diferencias significativas ( $P>0.05$ ), el valor medio de los tratamientos fue de 9.5. Los valores obtenidos son menores a los reportados por los trabajos de Gómez (2016), López *et al.* (2016), Rosas (2016) y Marín y Torres (2017), quienes evaluaron pastoreo continuo intensivo de praderas y reportan el NUL como un indicador de la eficiencia del uso del nitrógeno.

El nitrógeno ureico en leche producido por el FL fue de 9 mg/dL a diferencia de Gómez (2016) y López *et al.* (2016) con 13 y 12 mg/dL, respectivamente; el RGPD obtuvo 10 mg/dL y es similar a Gómez (2016) y Rosas (2016) con 12 mg/dL NUL cada uno; la producción de TF con 11 mg/dL es diferente comparado con los 14 mg/dL de Marín y Torres (2017). Mientras tanto el KY reporta el valor más bajo de la investigación con 8 mg/dL, y en comparación con Mojica *et al.* (2009), que utilizó ensilado de avena como complemento de alimentación, la producción de NUL es similar con 9 mg/dL.

Según Cerón *et al.* (2014) y Acosta y Delucchi (2002), concentraciones de entre 12-15 mg/dL NUL, se mantienen dentro de un rango óptimo, comprobando el eficiente uso de nitrógeno en la dieta animal, sin causar ineficiencias en los procesos digestivos y síntesis de leche. En contraste, Wattiaux *et al.* (2005) menciona que la raza, los partos, la frecuencia de ordeños/día y la estación del año, afectan significativamente la producción de nitrógeno, reportando valores de entre  $7-10 \pm 0.05$  mg/dL en vacas Holstein multíparas; y Barros *et al.* (2017) reporta valores de 6 mg/dL, ambos trabajos realizados en Wisconsin. Certificando que existe la posibilidad de obtener valores NUL relativamente bajos en ciertas circunstancias y que no afectan la producción animal, a pesar de que la mayoría de antecedentes comparativos supera los 11.00 mg/dL.

**Cuadro 5. Resultados de composición química de la leche en vacas lecheras de primer tercio de lactación en pastoreo intensivo**

Variable	Tratamiento				EEM	Media	P
	FL	KY	RGPD	TF			
Grasa (g/kg)	34	35	36	35	0.81	35	0.679 <sup>NS</sup>
Proteína (g/kg)	32	32	32	32	0.19	32	0.921 <sup>NS</sup>
Lactosa (g/kg)	46	46	46	46	0.25	46	0.670 <sup>NS</sup>
NUL (mg/dL)	9	8	10	11	0.73	9.5	0.132 <sup>NS</sup>

NUL= Nitrógeno Ureico en Leche; FL= *Festulolium* cv. Spring Green; KY= *Pennisetum clandestinum*; RGPD= *Lolium perenne* cv. Pay Day; TF= *Festuca arundinacea*; EEM= Error Estándar de la Media; P= valor de P; <sup>NS</sup>= P>0.05, No Significativo.

### 10.3. Producción de forraje

**Cuadro 6. Resultados de producción de forraje de praderas de cuatro variedades de gramíneas asociadas con trébol blanco.**

Variable	TX	Periodo				Media	EEM Pm
		I	II	III	IV		
Altura (cm)	FL	5.6	5.2	9.2	5.6	6.4	
	KY	4.7	4.1	3.9	5.1	4.4	
	RGPD	4.1	3.7	4.6	3.5	4.0	
	TF	4.4	3.7	4.1	3.0	3.8	
EEM PM							0.27
ANF (kg/ha)	FL	763	193	101	215	318	
	KY	1495	153	2198	172	1004	
	RGPD	566	957	545	293	590	
	TF	2078	338	684	186	822	
EEM PM							0.00
ANF/día (kg/d)	FL	55	14	7	15	23	
	KY	107	11	157	12	72	
	RGPD	41	68	39	21	42	
	TF	148	24	49	13	59	
EEM PM							0.00

ANF=Acumulación Neta de Forraje; FL=*Festulolium* cv. Spring Green; KY= *Pennisetum clandestinum*; RGPD= *Lolium perenne* cv. Pay Day; TF= *Festuca arundinacea*; EEMPM= Error estándar de la media parcela mayor; EEMpm= Error estándar de la media parcela menor; PI=Periodo uno (8 de agosto al 21 agosto de 2016); PII=Periodo dos (22 de agosto al 4 de septiembre de 2016); PIII=Periodo tres (5 de septiembre al 18 de septiembre de 2016); PIV=Periodo cuatro (19 de septiembre al 2 de octubre de 2016).

### 10.3.1. *Altura y Acumulación Neta de Forraje (ANF)*

En el cuadro 6, la media de producción de la altura es de 4.7 cm, resultado diferente a López *et al.* (2016) (6.1 cm) y a Marín y Torres (2017) (7.0 cm). Según Hodgson (1994) las praderas destinadas a pastoreo continuo deben permanecer con una altura no menor a 5.0 cm, ya que restringe el consumo voluntario de los animales; pero existen praderas con menos de 3.0 cm de altura que mantienen rendimientos de leche de hasta 19 kg/vaca/día (Albarrán *et al.*, 2012; Heredia *et al.*, 2007). Por lo tanto el FL se mantiene dentro de los primeros parámetros establecidos y el resto de los tratamientos de acuerdo con los segundos, además de no encontrar diferencias significativas en la producción de leche, las alturas en este estudio no fueron un factor limitante en el consumo de forraje en los tratamientos evaluados. Mientras, la media de producción de acumulación neta de forraje es de 684 kg MS/ha y de ANF/día es de 49 kg MS/día, similares a los resultados de Marín y Torres (2017) (647 kg MS/ha ANF) y (46 kg MS/ha ANF/día). Según Parga *et al.* (2007), la disponibilidad del forraje por día debe ser aproximadamente el 5% PV del animal. Considerando que la media de PV al final del experimento fue de 486 kg, se estima una producción superior por tratamiento de 24 kg MS/día, con la que solo cumplen el RGPD, la TF y el KY. Resaltando la producción de forraje de estos tratamientos, como prueba de la compatibilidad gramínea-leguminosa, en praderas con buena disponibilidad de forraje.

## 10. 4. Composición química de las praderas

### 10.4.1. *Materia seca (MS) y Materia orgánica (MO)*

La producción de MS y MO entre tratamientos presentan variabilidad en los resultados (cuadro 7); particularmente el FL, RGPD y TF muestran valores similares, comparados con los autores antes mencionados (Gómez, 2016; López *et al.*, 2016; Marín y Torres, 2017), tal como se muestra en el cuadro 8. El KY presenta resultados tanto similares como diferentes (cuadro 9), con los diversos autores que

han estudiado esta gramínea en Colombia (León *et al.*, 2008 y Mojica *et al.*, 2009), Brasil (Ruggia *et al.*, 2008), y Sudáfrica (Van der colf *et al.*, 2015).

Los resultados de MS, permanecieron en un rango de 180-240 g/kg, determinando que todos los tratamientos produjeron un forraje de buena calidad por su alta concentración de nutrientes (Bargo, 2002; Teuber *et al.*, 2007).

**Cuadro 7. Resultados de composición química de praderas de cuatro variedades de gramíneas asociadas con trébol blanco.**

Variable	TX	PERIODO				Media	EEM Pm
		I	II	III	IV		
MS	FL	189	206	206	224	206	
	KY	203	201	204	197	201	
	RGPD	173	192	203	174	185	
	TF	212	232	217	188	212	
<b>EEM PM</b>							2.68
PC	FL	151	135	127	149	141	
	KY	214	211	204	225	213	
	RGPD	176	184	176	228	191	
	TF	125	139	162	179	151	
<b>EEM PM</b>							1.61
MO	FL	896	899	886	886	892	
	KY	896	894	881	885	889	
	RGPD	882	877	873	870	876	
	TF	892	879	871	868	877	
<b>EEM PM</b>							0.68
FDN	FL	454	502	499	485	485	
	KY	543	556	520	486	526	
	RGPD	526	550	559	461	524	
	TF	476	542	401	459	469	
<b>EEM PM</b>							3.70
FDA	FL	208	247	243	237	234	
	KY	202	206	203	194	201	
	RGPD	223	219	229	207	219	
	TF	237	276	209	233	239	
<b>EEM PM</b>							2.74

**MS=** Materia Seca; **PC=** Proteína Cruda; **MO=** Materia Orgánica; **FDN=** Fibra Detergente Neutro; **FDA=**Fibra Detergente Ácido; **FL=***Festulolium* cv. Spring Green; **KY=** *Pennisetum clandestinum*; **RGPD=** *Lolium perenne* cv. Pay Day; **TF=** *Festuca arundinacea*; **EEMPM=** Error estándar de la media parcela mayor; **EEMpm=** Error estándar de la media parcela menor; **PI=**Periodo uno (8 de agosto al 21 agosto de 2016); **PII=**Periodo dos (22 de agosto al 4 de septiembre de 2016); **PIII=**Periodo tres (5 de septiembre al 18 de septiembre de 2016); **PIV=**Periodo cuatro (19 de septiembre al 2 de octubre de 2016).

**Cuadro 8. Comparación de MS y MO por tratamientos (FL, RGPD y TF) con otros autores en condiciones similares a los SPLPE.**

Tratamiento	Autor	MS (g/kg)	MO (g/kg)
FL	Resultados propios	206	892
	Gómez (2016)	193	831
	López <i>et al.</i> (2016)	185	855
RGPD	Resultados propios	185	876
	Gómez (2016)	176	846
	López <i>et al.</i> (2016)	196	861
TF	Resultados propios	212	877
	Marín y Torres (2017)	194	875

**MS=** Materia Seca; **MO=** Materia Orgánica; **FL=** *Festulolium* cv. Spring Green; **RGPD=** *Lolium perenne* cv. Pay Day; **TF=** *Festuca arundinacea*.

**Cuadro 9. Comparación de MS y MO de KY con otros autores.**

Tratamiento	Autor	MS (g/kg)	MO (g/kg)
KY	Resultados propios	201	889
	León <i>et al.</i> (2008)	194	ND
	Mojica <i>et al.</i> (2009)	189	ND
	Ruggia <i>et al.</i> (2008)	ND	723
	Van der colf <i>et al.</i> (2015)	175	ND

**MS=** Materia Seca; **MO=** Materia Orgánica; **KY=** *Pennisetum clandestinum*; **ND=** No Disponible.

#### 10.4.2. Proteína cruda (PC)

En la evaluación por tratamiento los resultados son: FL (141 g/kg MS) con una producción diferente a Gómez (2016) (223 g/kg MS), pero similar a López *et al.* (2016) (184 g/kg MS); el TF (151 g/kg MS) reporta un valor diferente a Marín y Torres

(2016) (214 g/kg MS); el RGPD (191 g/kg MS) se encuentra entre los valores reportados por Rosas (2016) (180 g/kg MS) y Gómez (2016) (236 g/kg MS). Nuevamente el KY presenta variedad en la comparación de resultados, con una producción de 213 g/kg MS, diferente a Castro *et al.* (2008) (161 g/kg MS); pero similar a Botha *et al.* (2008a) (237 g/kg MS), León *et al.* (2008) (178 g/kg MS), Mojica *et al.* (2009) (176 g/kg MS), Morales *et al.* (2013) (199 g/kg MS) y Van der colf *et al.* (2015) (206 g/kg MS).

#### 10.4.3. Fibra detergente neutra (FDN)

Los resultados de FDN por tratamiento son: FL reporta 485 g/kg MS producción similar a los 503 g/kg MS de Gómez (2016) y a López *et al.* (2016) con 515 g/kg MS; el TF con 469 g/kg MS presenta un valor diferente de lo que mencionan Marín y Torres (2017) con 528 g/kg MS; y el RGPD con 524 g/kg MS se encuentra entre los resultados reportados por Gómez (2016) con 514 g/kg MS y Rosas (2016) con 530 g/kg MS. El KY presenta valores diferentes a lo reportado por otros autores (*Cuadro 10*).

#### 10.4.4. Fibra detergente acida (FDA)

Por tratamientos; la FDA de FL (234 g/kg MS) se encuentra en rango según lo reportado por Gómez (2016) (212 g/kg MS) y López *et al.* (2016) (266 g/kg MS); también el RGPD (219 g/kg MS) comparado con Gómez (2016) (194 g/kg MS) es similar pero diferente a Rosas (2016) (281 g/kg MS); y el resultado de TF (239 g/kg MS) es similar al de Marín y Torres (2017) (228 g/kg MS) (*Cuadro 7*). Mientras que el KY no presenta similitud con los resultados de otros autores (*Cuadro 10*).

Heredia *et al.* (2007) y Arriaga *et al.* (2001) reportaron producciones entorno a los 500 y 280 g/kg MS de FDN y FDA, respectivamente, en diferentes estudios en SPLPE; y Van Soest *et al.* (1991) menciona que a menor concentración de FDA y FDN, mayor consumo de MS y digestibilidad del forraje; por lo tanto, los resultados

por tratamiento de este estudio reflejan valores entorno a los mencionados, determinando que la producción de fibra favorece la digestibilidad.

**Cuadro 10. Comparación de FDN y FDA de KY con otros autores.**

Tratamiento	Autor	FDN (g/kg MS)	FDA (g/kg MS)
KY	Resultados propios	526	201
	Castro <i>et al.</i> (2008)	591	289
	León <i>et al.</i> (2008)	571	339
	Mojica <i>et al.</i> (2009)	571	319
	Ruggia <i>et al.</i> (2008)	654	314

FDN= Fibra Detergente Neutra; FDA= Fibra Detergente Acida; KY= *Pennisetum clandestinum*.

#### 10.4.5. Digestibilidad in vitro de la materia orgánica (DIVMO)

La digestibilidad del forraje define la disponibilidad de nutrientes para el animal (Marín y Torres, 2017) y se encuentra entre los 550-850g/kg MO, varía según la especie, variedad y estado fenológico de la pradera (Gómez, 2016).

FL presenta mayor digestibilidad in vitro de la materia orgánica en comparación con los demás tratamientos y el RGPD la menor producción, esto según el cuadro 11. En la evaluación por tratamientos el FL (752 g/kg MO) simula la producción de Gómez (2016) (737 g/kg MO) y López *et al.* (2016) (736 g/kg MO); la producción de la TF (719 g/kg MO) es similar a Marín y Torres (2017) (693 g/kg de MO); por otro lado el RGPD (653 g/kg MO) presento una producción de diferente a la de Gómez (2016) (787 g/kg MO). El KY produjo una DIVMO similar entre tratamientos (665 g/kg MO) y no existen antecedentes de esta variable a evaluar.

Todos los tratamientos se encuentran dentro del rango establecido.

#### 10.4.6. Energía metabolizable (EM)

Los resultados de EM (cuadro 11) son similares entre tratamientos con una media de 10.5 MJ/kg MS y un error estándar de la media de 0.09 en Parcela Mayor (PM) como respecto a la Parcela menor (Pm). Arriaga *et al.* (1999) recomiendan un rango de 10-12 MJ/kg MS en praderas para vacas en lactación.

Por tratamiento, los resultados de FL (11 MJ/kg MS) son similares a Gómez (2016) (11 MJ/kg MS) y López *et al.* (2016) (12 MJ/kg MS); el RGPD (10 MJ/kg MS) es similar con la producción de Gómez (2016) (12 MJ/kg MS) y de Rosas (2016) (11 MJ/kg MS); el TF (11 MJ/kg MS) tiene una producción similar a Marín y Torres (2017) (11 MJ/Kg MS). Y en la producción del KY (10 MJ/kg MS) es similar en comparación con Van der colf *et al.* (2015) (10 MJ/kg MS) y Botha *et al.* (2008a) (9 MJ/Kg MS).

**Cuadro 11. Resultados de calidad nutricional del forraje de praderas de cuatro variedades de gramíneas asociadas con trébol blanco en el noroeste del Estado de México.**

Variable	TX	PERIODO				MEDIA	EEM Pm
		I	II	III	IV		
<b>DIVMO (g/kg MS)</b>	FL	794	750	715	747	752	
	KY	727	679	658	597	665	
	RGPD	706	636	611	658	653	
	TF	742	755	729	651	719	
<b>EEM PM</b>							5.74
<b>EM (MJ/kg MS)</b>	FL	12	11	11	11	11	
	KY	11	10	10	9	10	
	RGPD	11	10	9	10	10	
	TF	11	11	11	10	11	
<b>EEM PM</b>							0.09

**DIVMO**=Digestibilidad *in vitro* de la Materia Orgánica; **EM**=Energía Metabolizable; **FL**=*Festulolium* cv. Spring Green; **KY**= *Pennisetum clandestinum*; **RGPD**= *Lolium perenne* cv. Pay Day; **TF**= *Festuca arundinacea*; **EEMPM**= Error estándar de la media parcela mayor; **EEMpm**= Error estándar de la media parcela menor; **PI**=Periodo uno (8 de agosto al 21 agosto de 2016); **PII**=Periodo dos (22 de agosto al 4 de septiembre de 2016); **PIII**=Periodo tres (5 de septiembre al 18 de septiembre de 2016); **PIV**=Periodo cuatro (19 de septiembre al 2 de octubre de 2016).

**Cuadro 12. Resultados de composición morfológica (%) de cuatro variedades de gramíneas asociadas con trébol blanco.**

Variable		Tratamiento			
		FL	KY	RGPD	TF
Trébol	vivo	14	6	4	21
	muerto	1	1	0	0
Proporción	trébol	15	7	4	21
Pasto	vivo	66	85	82	47
	muerto	19	8	14	32
Proporción	pasto	85	93	96	79
Proporción Total	vivo	80	91	86	68
	muerto	20	9	14	32

FL= *Festulolium* cv. Spring Green; KY= *Pennisetum Cenchrus clandestinum*; RGPD= *Lolium perenne* cv. Pay Day; TF= *Festuca arundinacea*.

### 10.5. Composición morfológica de las praderas

La ventaja de utilizar una leguminosa, como el Trébol blanco, en asociación con gramíneas para una pradera, es que permite un rápido establecimiento de la misma con una mejor distribución en verano, otoño e invierno y un aporte nutritivo adicional a la dieta. Dependiendo de la compatibilidad entre ambos cultivares, se define el éxito de la asociación gramínea-leguminosa (Camacho y García *et al.*, 2003).

Por lo tanto, según los resultados de composición morfológica (Cuadro 12), el Trébol Blanco (WC) se desempeñó mejor en la pradera de TF con un 21% de trébol vivo y 0% de trébol muerto; en contraste disminuyó la proporción de pasto vivo (47%) y aumentó la de pasto muerto (32%), comparado a los demás tratamientos. Aun así, esta pradera es la que mantiene la proporción ideal entre gramínea-leguminosa con un porcentaje 68-32%, respectivamente (cuadro 12).

Respecto a los demás tratamientos (FL, RGPD, KY), según el cuadro 12, comparten similitudes en la proporción total vivo con más del 80% y la proporción total muerto radica entre el 9 y 20%. Si se trata de la proporción trébol vivo-muerto/pasto vivo-

muerto, la pradera de KY tiene la mayor proporción de vivo con 6-1/85-8%; y en la de FL con 14-1/66-19 % predomina la proporción muerta.

Según Tovar (1990) y Velasco *et al.* (2005), la época del año que consiste en verano-otoño, la proporción total muerto aumenta porque inicia el espigamiento de la pradera. También, la intensidad de defoliación afecta significativamente (Hodgson, 1994), determinando que los resultados están inclinados a que la producción de forraje muerto prevalezca por la temporada en que se realizó el experimento.

En cuanto a proporción de trébol-pasto, los resultados son variables, siendo la pradera de RGPD con mayor porcentaje de pasto, el TF con mayor cantidad de trébol y el FL mantiene su proporción entre estas dos variables (*Cuadro 12*).

## XI. CONCLUSIONES

No se presentaron diferencias significativas en ninguna variable a evaluar, aceptando la hipótesis nula de este trabajo: no existen diferencias en el desempeño productivo de vacas lecheras en primer tercio de lactación al basar su alimentación en el pastoreo continuo intensivo de cuatro especies de gramíneas asociadas con trébol blanco en sistemas de producción de leche en pequeña escala suplementadas con 4.5 kg MS de concentrado comercial. La composición química de la leche se mantuvo dentro de los límites establecidos por las normas NOM 155-SCFI-2012 y NMX-700-COFOCALEC-2014, mientras que el NUL presentó valores conforme a la referencia, que indica un buen uso de la proteína en la dieta.

En la segunda hipótesis, no existen diferencias en la producción de forraje de praderas cultivadas con cuatro especies de gramíneas asociadas con trébol blanco bajo pastoreo intensivo en sistemas de producción de leche en pequeña escala, es rechazada. De acuerdo a los siguientes resultados: el festulolium y el kikuyo, con la mayor altura y ANF/día, respectivamente, fueron las praderas con mejor disponibilidad de forraje. En la composición química de las praderas; la producción de los cuatro tratamientos presentó resultados en torno a los rangos establecidos, determinando que las gramíneas evaluadas producen un forraje de buena calidad, palatable y digestible para el ganado bovino productor de leche. Por otro lado, cabe mencionar, que el kikuyo resalta por obtener valores superiores de MS, MO y EM, respecto a los autores comparativos que trabajaron con esta gramínea, pero también reportó valores inferiores en FDN y FDA.

Al evaluar la composición morfológica, el trébol blanco se desempeñó en diferentes porcentajes en cada pradera; pero cabe mencionar, que la proporción de trébol vivo se mantuvo, repercutiendo en la proporción de pasto muerto, por igual en los cuatro tratamientos. Definiendo así, a estas praderas asociadas, gramínea-leguminosa, como compatibles, por su buen establecimiento y distribución por época; y una opción efectiva como estrategia de alimentación en los SPLPE, por su aporte nutritivo adicional a la dieta.



## XII. LITERATURA CITADA

- Acosta Y, Delucchi M. (2002): Determinación de Urea en Leche. Instituto nacional de investigación agropecuaria (INIA).  
<http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/le/ad/2002/mun.pdf> (16 de diciembre del 2017)
- Aguelo DA, Bedoya O. (2005): Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. *Revista Lasallista de Investigación*, 1 (2): 38-42.
- Albarrán B, García A, Espinoza A, Espinosa E, Arriaga CM. (2012): Maize silage in the dry season for grazing dairy cows in small scale production systems in Mexico's Highlands. *Indian Journal Animal Research*, 46: 317–324.
- AFRC. (1993): Energy and Protein Requirements for Ruminants. An advisory manual prepared by the AFRC technical committee on response to nutrients, CAB International, Wallingford, UK; 159.
- Ankom Technology. (2005): Procedures (for NDF and ADF) in vitro true digestibility using the DAISY II incubator. <http://www.ankom.com> (27 de diciembre del 2016)
- AOAC. (1990): Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th Ed. Asso. Offic. Anal. Chem. United States of America.
- AOAC. (2007): Official Methods of analysis, Gaithersburg, MD.
- Arriaga C., Espinoza A., Albarrán B, 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, 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 CM, Albarrán B, Espinoza A, García A, Castelán OA. (2002): On-farm comparison of feeding strategies based on forages for small-scale dairy production systems in the highlands of central Mexico. *Experimental Agriculture*, 38: 275-388.

- 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>. (6 de Febrero del 2018).
- Barnes BD, Kopecký D, Lukaszewski AJ, Baird JH. (2014): Evaluation of Turf-type Interspecific Hybrids of Meadow Fescue with Perennial Ryegrass for Improved Stress Tolerance. *Crop Science*, 64: 355-365.
- Barros T, Quaassdorff MA, Aguerre MJ, Olmos JJ, Bertics SJ, Crump PM y Wattiaux MA. (2017): Effects of dietary crude protein concentration on late-lactation dairy cow performance and indicators of nitrogen utilization. *J. Dairy Sci.*, 100: 5434–5448.
- Bazzigalupi O, Bertín OD. (2014): Fertilización nitrogenada en *Festuca arundinacea Schreb.* para producción de semilla con riego en el norte de Buenos Aires, Argentina. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 40: 290-295.
- Botha PR, Meeske R, Snyman HA. (2008a): Kikuyu over-sown with ryegrass and clover: dry matter production, botanical composition and nutritional value. *African Journal of Range & Forage Science*, 25:3, 93-101.
- Botha PR, Meeske R, Snyman HA. (2008b) Kikuyu over-sown with ryegrass and clover: grazing capacity, milk production and milk composition. *African Journal of Range & Forage Science*, 25:3, 103-110.
- Burns JC. (2009): Nutritive value. In: Tall fescue for the Twenty-first Century. 11, Fribourg HA, Hannaway DB, West CP (eds.), 159-201, *Agronomy Monograph 53*, United States of America.
- Camacho JL, García JG. (2003): Producción y calidad del forraje de cuatro variedades de alfalfa asociadas con trébol blanco, ballico perenne, festuca alta y pasto ovillo. *Veterinaria México*, 34 (2): 149-177.

- Camacho JH, Cervantes F, Palacios MI, Rosales F, Vargas JM. (2017): Factores determinantes del rendimiento en unidades de producción de lechería familiar. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8 (1): 23-29.
- Cámara Nacional de Industriales de la Leche (CANILEC) (2011): *El Libro Blanco de la Leche y los Productos Lácteos*. Litho Offset Imprenta, México.
- Casler MD. (1990): Ground cover potential of forage grass cultivars in binary mixtures with alfalfa at divergent locations. *Crop Science*, 30: 825-831.
- Casler MD, Pittsb PG, Rose C, Bilkeyd PC, Wipffc JK. (2001): Registration of 'Spring Green' *Festulolium*. *Crop Science*. DOI:10.2135/cropsci2001.4141365x.
- Castro RE, Mojica JE, Leòn JM, Pabón ML, Carulla FJE, Cárdenas REA (2008): Productividad de pasturas y producción de leche bovina bajo pastoreo de gramínea y gramínea + lotusuliginosus en mosquera, Cundinamarca. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 55 (1): 9-21.
- Cerón M, Henao A, Múnera Ó, Herrera A, Díaz A, Parra A, Tamayo C. (2014): *Concentración de nitrógeno ureico en leche: interpretación y aplicación práctica*. Fondo Editorial Biogénesis, Colombia.
- Chaney AL, Marbach EP. (1962): Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clinical Chemistry*, 8: 130-132.
- Chipatecua MR, Pabón ML, Cárdenas EA, Carulla JE. (2007): Efecto de la combinación de una leguminosa tanífera (*Lotus uliginosus cv Maku*) con *Pennisetum clandestinum*, sobre la degradación in vitro de proteína y materia seca. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20 (1): 40-48.
- Conroy C. (2005): *Participatory Livestock Research*. Bourton-on-Dunsmore, Warwickshire, Reino Unido: ITDG Publishing.
- Cosgrove D, Casler M, Undersander D. (1999): Ryegrass types for pasture and hay. <http://www.uwex.edu/ces/forage/pubs/ryegrass.htm> (8 de octubre de 2016).
- Criollo PM, Obando M, Sánchez L, Bonilla R. (2012): Efecto de bacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGPR) asociadas a *Pennisetum clandestinum* en el altiplano cundiboyacense Corpoica. *Ciencia y Tecnología Agorpecuaria*, 13 (2): 189-195.

- Dierking RM, Kallenbach RL, Kerley MS, Roberts CA, Lock TR. (2008): Yield and Nutritive Value of 'Spring Green' Festulolium and 'Jesup' Endophyte-Free Tall Fescue Stockpiled for Winter Pasture. *Crop Science*, 48: 2463-2469.
- Di Marco ON, Harkes H, Agnusdei MG. (2013): Calidad de agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*) en estado vegetativo en relación a la edad y longitud de las hojas. *Revista de Investigación Agropecuaria*, 39: 105-110.
- Donaghy DJ, Turner LR, Adamczewski KA. (2008): Effect of defoliation management on water-soluble carbohydrate energy reserves, dry matter yields, and herbage quality of Tall Fescue. *Agronomy Journal*, 100: 122-127.
- Eriksson C. (2011): What is traditional pastoral farming? The politics of heritage and "real values" in Swedish summer farms (fäbodbruk). *Pastoralism: Research, Policy and Practice*, 1: 1-18.
- Espinoza A, Espinosa E, Bastida J, Castañeda T, Arriaga CM. (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.
- Fadul L, Wattiaux MA, Espinoza A, Sánchez E, Arriaga CM. (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.
- FAO (2010): Status of and Prospects for Smallholder Milk Production – A Global Perspective. T. Hemme and J. Otte (eds.). <http://www.fao.org/docrep/012/i1522e/i1522e.pdf> (26 de octubre del 2016).
- FAO (2016): Producción y productos lácteos. Composición de la leche. <http://www.fao.org/agriculture/dairy-gateway/leche-y-productos-lacteos/composicion-de-la-leche/es/#.VuMdNfnhDtQ> (14 de diciembre del 2016)
- Florián R. (2009): Establecimiento de la asociación Rye grass (*Lolium multiflorum*) - Trébol Blanco (*Trifolium repens*). Seminario Avanzado de Investigación Cajamarca 2008-2009, Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Medicina Veterinaria, Perú.
- Frasinelli CA, Casagrande HJ y Veneciano JH. (2004): La condición corporal como herramienta de manejo en rodeos de cría bovina. INTA - EEA San Luis, Argentina.

- Goodwin S. (2015): Performance pasture Payday. <http://www.theland.com.au/story/3368614/performance-pasture-payday/> (12 de diciembre del 2016).
- Gómez A., (2016): evaluación de tres variedades de gramíneas para pastoreo en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el noroeste del estado de México. Tesis de licenciatura. FMVZ. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Greenpeace (2014). México ante el cambio climático: Evidencias, impactos, vulnerabilidad y adaptación. <http://www.greenpeace.org/mexico/Global/mexico/report/2010/6/vulnerabilidad-mexico.pdf>. (1 de septiembre del 2017)
- Hemme, T. (2007): IFCN Dairy Report 2007, International Farm Comparison Network, IFCN Dairy Research Center. Team and IFCN Researchers, Germany.
- Heredia D, Espinoza A, Gonzales C, 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, Heredia D, Espinoza A, Sánchez E, Arriaga CM. (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.
- INEGI (2009): Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Acapulco, México. Clave geo-estadística 15003. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/15/15003.pdf> (14 de septiembre del 2017).
- INAFED (2010): Enciclopedia de los Municipios y delegaciones de México, Estado de México. Secretaría de Gobernación. <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM15mexico/municipios/15003a.html> (26 de septiembre del 2017)

- IPCC (2014): Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Working Group III. IPCC 5th Assessment Report. [http://ipccwg2.gov/AR5/images/uploads/IPCC\\_WG2AR5\\_SPM\\_Approved.pdf](http://ipccwg2.gov/AR5/images/uploads/IPCC_WG2AR5_SPM_Approved.pdf). (12 de diciembre del 2016).
- LACTODATA (2016): Boletín: Indicadores de Producción Leche de Bovino. <http://www.lactodata.info/boletin/produccion-de-leche-de-vaca/> (3 de septiembre del 2017).
- León JM, Mojica JE, Castro E, Cárdenas EA, Pabón ML, Carulla JE. (2008): Balance de nitrógeno y fósforo de vacas lecheras en pastoreo con diferentes ofertas de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) suplementadas con ensilaje de avena (*Avena sativa*). Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 21 (4): 559-570.
- López H. (1988): Especies forrajera mejoradas. En: Praderas para Chile. Ruiz NI (eds.), 28-39, INIA, Chile.
- López F, Rosas M, Dominguez IA, Arriaga CM. (2016): Evaluación comparativa de *Festulolium* con dos variedades de *Lolium perenne* L. en praderas del altiplano central de México. Innovación Sostenible en Pastos: hacia una Agricultura de Respuesta al Cambio Climático. 55ª Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. 285 -290.
- Marais JP. (2001): Factors affecting the nutritive value of kikuyo grass (*Pennisetum clandestinum*) — a review. Tropical Grasslands, 35: 65–84.
- Marín MN y Torres E. (2017): Evaluación de tres variedades de gramíneas de clima templado (*Ballico perenne* cv. Payday y cv. Bargala vs *Festulolium* cv. Spring Green) para el pastoreo de vacas lecheras en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el Noroeste del Estado de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México.
- Martínez E. (2009): La lechería en el Estado de México: Sistema productivo, cambio tecnológico y pequeños productores familiares en la región de Jilotepec. Bonilla Artigas, México.

- Martínez CG, Rayas AA, Anaya JP, Martínez FE, Espinoza A, Prospero F, Arriaga CM. (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*, DOI 10.1007/s11250-014-0724-0.
- Marks S, Clay K. (1996): Physiological responses of *Festuca arundinacea* to fungal endophyte infection. *New Phytol*, 133: 727-733.
- Mc Dermott JJ, Stall SJ, Freeman HA, Van De Steeg JA. (2010): Sustaining intensification of smallholder livestock systems in the tropics. *Livestock Science*, 130: 95-109.
- Mc Donagh J, Gillilan Tj, McEvoy M, Delaby L, O'Donovan L. (2017) Nitrogen and white clover impacts on the management of perennial ryegrass–clover swards for grazing cattle. *Journal of Agricultural Science*, DOI:10.1017/S002185961700051X.
- Mojica JE, Castro E, León JM, Cárdenas EA, Pabón ML, Carulla JE. (2009): Efecto de la oferta de pasto kikuyo y ensilaje de avena sobre la producción y calidad composicional de la leche bovina Corpoica. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 10 (1): 81-90.
- Morales A, León J, Cárdenas E, Afanador G, Carulla J. (2013): Composición química de la leche, digestibilidad in vitro de la materia seca y producción en vacas alimentadas con gramíneas solas o asociadas con *Lotus Uliginosus*. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 60 (1): 32-48.
- Muñoz F, Rodríguez R, Bravo F, Aguilar F, Valdiviezo R. (2007): Guía para cultivar pastos forrajeros. ICAMEX, México.
- Mtviewseeds.com. (2014): Ballico short- and long-term forage, ideal for dairy. Species Pay Day. <http://www.mtviewseeds.com/forage/ryegrass.php> (10 de marzo de 2017).
- Norma Oficial Mexicana NOM 155-SCFI-2012, (2012): Leche-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba. México, DF.
- Norris IB. (1982): Soil moisture and growth of contrasting varieties of *Lolium*, *Dactylis* and *Festuca* species. *Grass and Forage Science*, 37: 273–283.

- Olson GL, Smith SR, Phillips TD, Lacefield GD. (2014): 2014 Annual and Perennial Ryegrass and Festulolium Report. Plant and Soil Sciences.
- OMS y FAO. (2011): Codex alimentarius, Leche y Productos Lácteos. 2da ed., FAO, Roma.
- Parga J, Teuber N, Balocchi O, Anwantedter V, Canseco C, Abarzúa A, Lopetegui J y Demanet R. (2007): Comportamiento del animal en pastoreo. Capítulo 5: 69-89. Editado por Teuber N., Balocchi O. y Parga J. INIA – Remehue / Universidad Austral de Chile, Osorno, Chile.
- Parsons AJ, Chapman DF. (2000): The principles of pasture growth and utilization. En: Grass: Its production and utilization. Hopkins A. (ed.), 31-89, Blackwell Science. Oxford, U.K.
- Pérez E, Peyraud JL, 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.
- Pincay P, Heredia ND, Rayas A, Martínez CE, Vicente MF, Martínez FA, Arriaga CM. (2013): Sustentabilidad económica de sistemas de producción de leche en pequeña escala: Efecto del pastoreo de praderas sobre costes de alimentación. En: Cavallotti BA, Martínez RG, Vargas CA, Valverde RB y Álvarez CF. (Coordinadores). La ganadería en la seguridad alimentaria de las familias campesinas. pp. 235-241. Chapingo, México: Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo.
- Posadas RR, Arriaga CM, Martínez FE. (2014): Contribution of family labor to the profitability and competitiveness of small-scale dairy production systems in central Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 46: 235– 240.
- Pretty J. (2007): Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Phil. Trans. R. Soc. B.*, 363: 447-465.
- Prieto E, Vargas JE, Angulo J, Mahecha L. (2017): Grasa y ácidos grasos en leche de vacas pastoreando, en cuatro sistemas de producción. DOI: 10.15517/am.v28i1.22816.
- Prospero F, Martínez CG, Olea R, López F, Arriaga CM. (2017): Intensive grazing and maize silage to enhance the sustainability of small-scale dairy systems in the

highlands of Mexico. Tropical Animal Health and Production, DOI: 10.1007/s11250-017-1360-2.

Ramírez LM, García II. (2005): Renovación de pasturas degradadas de kikuyo, *Pennisetum clandestinum* Hoechst, con labranza mínima en una región alto andina de Colombia. Productividad animal Acta Agronómica, 54 (1).

Riveros E, Argamentaría A. (1987): Métodos enzimáticos de predicción de la digestibilidad in vivo de la materia orgánica de forrajes. Avances en Producción Animal, 12: 59-75.

Rosas M. (2016): Evaluación de tres variedades de gramíneas de clima templado (*Ballico perenne* cv. Payday y cv. Bargala Vs *Festulolium* cv Spring Green) para el pastoreo de vacas lecheras en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el noroeste del estado de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México.

Ruggia AP, Kozloski GV, Bonnacarrére LM, Lima LD, Oliveira L, Ha'rter CJ, Fiorentini G, Cadarin Jr RL. (2008): Age of regrowth as a factor affecting the nutritive value of hay of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) offered to lambs. Animal Science Department, Universidade Federal de Santa Maria, Brasil.

SAGARPA. (2014): 7 Sistemas de producción de leche en granjas bovinas familiares (ficha técnica), México.  
<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Sistema%20de%20producci%C3%B3n%20de%20leche%20en%20granjas%20bovinas%20familiares.pdf> (12 de diciembre del 2016).

Sagrased (2017): Ficha técnica: Trébol blanco.  
[http://www.sagrased.com/PDF/leguminosas/trebol\\_blanco.pdf](http://www.sagrased.com/PDF/leguminosas/trebol_blanco.pdf) (15 de octubre del 2017)

Secretaría de Economía (2016): Análisis del Sector Lácteo en México, México.  
[http://www.economia.gob.mx/files/comunidad\\_negocios/industria\\_comercio/informacionSectorial/analisis\\_sector\\_lacteo.pdf](http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/analisis_sector_lacteo.pdf) (14 de diciembre del 2016).

- SIAP (2017): Boletín de la leche, México. [http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/119412/B\\_de\\_Leche\\_abril-junio\\_2016\\_.pdf](http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/119412/B_de_Leche_abril-junio_2016_.pdf). (14 de diciembre del 2017).
- Simões NM. (2015): Eficiencia del uso del agua y persistencia de gramíneas perennes en las condiciones de secano en el Mediterráneo. Tesis Doctoral. Departamento de Ingeniería del Medio Agronómico y Forestal. Universidad de Extremadura, España.
- Stuedemann JA, Hoveland CS. (1988): Fescue endophyte: history and impact on animal agriculture. *Journal Production Agriculture*, 1: 39-44.
- Teuber N, Parga J, Balocchi O, Anwandter V, Canseco C, Abarzúa A, Demanet R, Lopetegui J. (2007): Introducción, en: Manejo del pastoreo. 1. Teuber, N., Balocchi, O., Parga, J. (eds), 5-7, INIA-Remehue/ Universidad Austral de Chile, Osorno, Chile.
- Thornton PK, Van De Steeg J, Notenbaert A, Herrero M. (2009): The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know and what we need to know. *Agricultural Systems*, 101: 113–127.
- Tovar ZGR. (1990): Crecimiento de terneras Holstein de reemplazo bajo Pastoreo continuo intensivo de praderas de ballico perenne (*Lolium perenne*) solo o asociado con trébol blanco (*Trifolium repens*) en época de verano-otoño. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México.
- Turner LR, Holloway-Phillips MM, Rawnsley RP, Donaghy DJ, Pembleton KG. (2012) The morphological and physiological responses of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) and tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.; syn. *Schedonorus phoenix* Scop.) to variable water availability. *Grass and Forage Science*, 67: 507–518.
- Uribe L, Torres E. (2011): Leche y lácteos. Panorama Agroalimentario. Dirección de Análisis Económico y consultoría. FIRA.
- Val Arreola D, Kebreab E, France J. (2006): Modeling small-scale dairy farms in Central Mexico. *Journal of Dairy Science*, 89:1662–1672.

- Van Der Colf J, Botha FR, Meeske R, Truter WF. (2015): Seasonal dry matter production, botanical composition and forage quality of kikuyo over-sown with annual or perennial ryegrass. *African Journal of Range & Forage Science*, 32 (2): 133-142.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. (1991): Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides and relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74: 3583-3587.
- Velasco ME, Hernandez A., Gonzalez VA. (2005): Rendimiento y valor nutritivo del ballico perenne (*Lolium perenne* L.) en respuesta a la frecuencia de corte. *Técnica pecuaria Méx.*, 43 (2): 247-258.
- Vilain L, Boisset K, Girardin P, Guillaumin A, Mouchet C, Viaux P y Zahm F. (2008): La méthode IDEA: indicateurs de durabilité des exploitations agricoles: guide d'utilisation (troisième édition actualisée), (Educagri éditions, Dijon).
- Wattiaux MA, Nordheim EV y Crump P. (2005): Statistical Evaluation of Factors and Interactions Affecting Dairy Herd Improvement Milk Urea Nitrogen in Commercial Midwest Dairy Herd. *J. Dairy Sci.*, 88: 3020–3035.
- Willis MJ. (1995): Over- and under sowing kikuyo with ryegrass. Short communication. Kynoch Fertilizer (Pty) Ltd, East London, South Africa.
- Zuleta.com. (2017): Ficha técnica: Trébol blanco. Semillas para césped. <https://www.zulueta.com/productos/semillas-para-cesped/trebol-blanco/> (10 de septiembre del 2017)