



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

“EVALUACIÓN DE HENO DE TRITICALE (*X Triticosecale Wittmack*)
COMO COMPLEMENTO PARA VACAS LECHERAS BAJO PASTOREO
DE PRADERAS DE RYEGRASS (*Lolium perenne cv. Bargala*) O
FESTUCA ALTA (*Festuca arundinacea*) EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA EN EL NOROESTE DEL ESTADO DE
MÉXICO”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

P R E S E N T A N:

MARIA NAYELI MARIN SANTANA
ESTEFANY TORRES LEMUS

ASESORES:

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

REVISORES:

Dr. José Luis Borquez Gastelum
Dr. Manuel González Ronquillo.

El cerrillo Piedras Blancas, Toluca México Marzo de 2017



RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta productiva de vacas lecheras en pastoreo continuo de praderas de ballico perenne (*Lolium perenne*) variedad *Bargala* y festuca alta (*Festuca arundinacea*) de variedad desconocida, suplementadas con heno de triticale. Así mismo, evaluar las características agronómicas y nutricionales del forraje de las praderas y de los complementos alimenticios utilizados.

El experimento se llevó a cabo bajo un diseño experimental de cuadro latino 4x4, utilizando cuatro vacas Holstein, similares en etapa de lactación, número de partos, condición corporal, rendimiento de leche (kg/vaca/día) y peso vivo (kg) previo al inicio del experimento. Los tratamientos evaluados fueron: Tx1: Pastoreo continuo por 8 h/día en pradera de festuca alta (*Festuca arundinacea*) asociada con trébol blanco (*Trifolium repens*) + 3.0 kg MS /vaca/día de heno de triticale + 4.45 kg MS de concentrado comercial/vaca/día, Tx2: Pastoreo continuo por 8 h/día en pradera de ryegrass perenne (*Lolium perenne* cv *Bargala*) asociada con trébol blanco (*Trifolium repens*) + 3 kg MS/vaca/día de heno de triticale + 4.45 kg MS de concentrado comercial/vaca/día, Tx3: Pastoreo continuo por 8 h/día en pradera de ryegrass perenne (*Lolium perenne* cv *Bargala*) asociada con trébol blanco (*Trifolium repens*) + 4.45 kg MS de concentrado comercial/vaca/día, y Tx4: Pastoreo continuo por 8 h/día en pradera de festuca alta (*Festuca arundinacea*) asociada con trébol blanco (*Trifolium repens*) + 4.45 kg MS de concentrado comercial/vaca/día.

Los resultados de rendimiento de leche no presentaron diferencias entre los tratamientos evaluados ($P>0.05$), con un rendimiento promedio de 14.88 kg por vaca al día. Los valores correspondientes a la condición corporal y peso vivo fueron similares entre tratamientos ($P>0.05$); manteniendo un promedio de 2.0 para condición corporal y 533 kg para peso vivo.

Los contenidos de grasa, lactosa y proteína en leche fueron similares entre tratamientos ($P>0.05$), así mismo para la concentración de Nitrógeno Ureico ($P>0.05$) en Leche (NUL) con un promedio de 11.97 mg/dL.

Las variables agronómicas como: altura de la pradera y acumulación neta de forraje, fueron similares entre tratamientos ($P>0.05$).

El contenido de materia seca, proteína cruda, FDN y FDA; así como la digestibilidad de la materia orgánica, y la energía metabolizable fueron similares entre los tratamientos ($P>0.05$).

Se concluye que no existieron diferencias en las variables de desempeño animal, agronómicas de las praderas y composición química del forraje entre el ryegrass perenne (*Lolium perenne*) variedad *Bargala* y festuca alta (*Festuca arundinacea*) variedad desconocida. La complementación con 3.0 kg de MS de heno de triticale/vaca/día no mostró efecto significativo sobre ninguna de las variables evaluadas.

Palabras clave: Heno de triticale, *Lolium perenne* *Festuca arundinacea*, pastoreo continuo, producción de leche en pequeña escala.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIAS.....	iv
DEDICATORIAS.....	vi
RESUMEN	viii
ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Producción de leche	4
2.1.1. Producción de leche en México.....	4
2.1.2. Sistemas de producción de leche en pequeña escala (SPLPE)	5
2.1. 3. Estrategias de alimentación en los SPLPE.....	5
2.2. Cambio climático y ganadería	6
2.3. Triticale.....	7
2.4. Henificación de forrajes	7
2.4.1. Efecto de sustitución de heno de triticale	8
2.5. Festuca alta (<i>Festuca arundinacea</i>)	9
2.6. Características del ballico perenne (<i>Lolium perenne</i>)	10
2.6.1 Características del <i>Lolium perenne</i> cv <i>Bargala</i>	10
III. JUSTIFICACIÓN	12
IV. HIPÓTESIS.....	14
V. OBJETIVOS.....	15
5.1. Objetivo general	15
5.2. Objetivos específicos.....	15
VI. MATERIAL	16
6.1. Material biológico	16
6.2. Material no biológico.....	16
6.3. Material de campo	16
6.4. Material de laboratorio	17

6.5. Material de gabinete	17
VII. MÉTODO	18
7.1. Tratamientos	18
7.2. Diseño experimental y análisis estadístico	19
7.3. Variables a evaluar de la producción animal	21
7.3.1. Rendimiento de leche	21
7.3.2. Composición química de leche	21
7.3.3. Peso Vivo	21
7.3.4. Condición corporal	22
7.4. Variables a evaluar de la pradera	22
7.4.1. Altura de la pradera	22
7.4.2. Acumulación Neta de Forraje (ANF)	22
7.5. Composición química del forraje de pradera y complementos alimenticios	23
7.6. Energía metabolizable (EM)	24
7.7. Manejo del ganado	24
VIII. LÍMITE DE ESPACIO	25
IX. LÍMITE DE TIEMPO	27
X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
10.1 Producción animal	28
10.1.1. Rendimiento de leche	28
10.1.2. Peso vivo y condición corporal	29
10.2. Composición química de la leche	30
10.2.1. Grasa en leche	31
10.2.2. Proteína en leche	31
10.2.3. Lactosa en leche	31
10.2.4. Concentración de nitrógeno ureico en leche (NUL)	31
10.3. Praderas	32
10.3.1. Altura	32
10.3.2 Acumulación neta de forraje (ANF)	33
10.3.3 Contenido de Materia seca	34

10.3.4. Materia orgánica	36
10.3. 5 Proteína cruda.....	36
10.3.6. Fibra detergente neutro y fibra detergente ácido (FDN Y FDA)	36
10.3.7. Digestibilidad enzimática <i>in vitro</i> de la Materia Orgánica (DIVMO)	37
10.3.8 Energía metabolizable.....	37
10.3.9 Suplementos	38
XI. CONCLUSIONES	39
XII. LITERATURA CITADA.....	40

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Figura 1. <i>Ubicación geográfica del municipio de Aculco, Estado de México</i>	25
Cuadro 1: Composición química del ryegrass perenne	11
Cuadro 2. Rendimiento de leche, peso vivo y condición corporal promedio de las vacas por tratamiento y periodo	28
Cuadro 3. Promedio de composición química y concentración de nitrógeno ureico en leche (mg/dL) de cada tratamiento	30
Cuadro 4. Resultados de la acumulación neta de forraje y altura por periodo de dos variedades de gramíneas de clima templado	32
Cuadro 5. Resultados del contenido de materia seca por periodo de dos variedades de gramíneas de clima templado	34
Cuadro 6 Resultados de la composición química (g / kg MS) de las praderas de dos variedades de gramíneas de clima templado	36
Cuadro 7. Composición química (g/kg MS) del concentrado comercial y del heno de triticale	38

I. INTRODUCCIÓN

La producción de leche en pequeña escala destinada al mercado genera ingresos para las familias productoras, reduciendo pérdidas y generando empleos. De esta forma puede ser una herramienta viable para impulsar el crecimiento económico y reducir la pobreza (Bennett *et al.*, 2006).

En la actualidad la producción agropecuaria enfrenta nuevas exigencias a nivel mundial para que la producción agropecuaria en pequeña escala pueda ser no solo competitiva, sino también sustentable. La sustentabilidad se basa en tres contextos principales; ecológicos, económicos y sociales (Pincay *et al.*, 2013).

La producción de leche de bovino en México es una de las actividades económicas de mayor relevancia a nivel nacional, ya que no sólo tiene un valor nutritivo, sino que juega un papel fundamental en la economía del sector primario (SIAP, 2015).

A nivel mundial los precios de la leche se encuentran disminuidos por ello se busca reducir los costos de producción en la medida posible. El principal componente de los costos es la alimentación, por lo que se buscan nuevas estrategias de alimentación que sean viables disminuyendo los costos para al final tener como resultado leche de buena calidad a costos que permitan la viabilidad económica de las unidades de producción de leche en pequeña escala.

Se ha demostrado que el pastoreo de praderas es una opción viable para reducir los costos de alimentación y la dependencia de insumos externos que afectan la rentabilidad y la sustentabilidad de las unidades de producción en pequeña escala (Pincay *et al.*, 2013). La alimentación basada en el pastoreo intensivo de praderas cultivadas, es una estrategia de baja inversión y alta producción de forraje de buena calidad y además contribuye a conservar y restaurar el medio ambiente (Arriaga *et al.*, 1999; Rao *et al.*, 2015).

Debido a las distintas zonas agroecológicas que existen en México, los sistemas de producción de leche varían en gran medida ya que dependen de la disponibilidad de forrajes y del agua necesaria como lo establecen Bennett *et al.* (2006) a nivel mundial. Además, actualmente es importante tomar en consideración los efectos del cambio climático como temperaturas elevadas, lluvias erráticas y escasas, por lo que es necesario evaluar estrategias de alimentación que se adapten a estos nuevos escenarios.

En el altiplano central existen diferentes variedades de pastos que son adecuados para praderas cultivadas de riego para pastoreo del ganado lechero. El ballico perenne (*Lolium perenne* L.) es una gramínea de alta calidad nutritiva y la variedad Bargala es ampliamente disponible en el centro de México. Sin embargo, el ballico perenne no tolera el déficit hídrico, ni las temperaturas muy elevadas.

Por ello es necesario evaluar variedades mejor adaptadas tanto al ambiente como a las condiciones de manejo; en cuanto a la disponibilidad de riego en los sistemas de producción de leche en pequeña escala, este es limitado lo que genera periodos de déficit hídrico en la época seca así como altas temperaturas; escenarios que podrían verse agravados a consecuencia del cambio climático.

Las especies del género *Festuca* se distinguen por su alta producción de forraje, rusticidad, resistencia a temperaturas extremas, pisoteo y menor disponibilidad de agua (Rosas, 2016).

De la misma manera, es necesario estudiar forrajes alternativos de especies adaptadas a las posibles consecuencias del cambio climático en cuanto a lluvias erráticas y de menor precipitación que puedan complementar las estrategias de alimentación de los hatos lecheros.

Tal es el caso de los cereales de grano pequeño entre los que destaca el triticale (*X Triticosecale* Wittmack), un híbrido intergenérico entre el trigo (*Triticum aestivum*) y

el centeno (*Secale cereale*) que combina las ventajas de cada uno de los progenitores resultando en un cereal de rápido crecimiento en un ciclo corto, por lo que tiene potencial en un escenario con época de lluvias corta o de baja precipitación debido al cambio climático.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el heno de triticale como complemento en la alimentación de vacas lecheras, que además estén en pastoreo de ryegrass perenne (*Lolium perenne* cv *Bargala*) o festuca alta, (*Festuca arundinacea*) de variedad desconocida pero ampliamente disponible en la zona de estudio probablemente variedad Kentucky-31 o Fawn, a fin de evaluar forrajes que se adapten a la actual condición de cambio climático, y que además puedan disminuir los costos de alimentación para que así de esta manera, se puedan encontrar soluciones que aumenten la rentabilidad de la producción de leche en pequeña escala.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Producción de leche

Alrededor de 150 millones de hogares en todo el mundo se dedican a la producción de leche. En la mayoría de los países en desarrollo del 80 al 90 por ciento de la leche se produce en sistemas en pequeña escala donde la producción lechera contribuye a las estrategias de vida, la seguridad alimentaria y la nutrición de los hogares. La leche produce ganancias relativamente rápidas para los pequeños productores y es una fuente importante de ingresos en efectivo (FAO, 2016).

En casi todo el mundo el modelo predominante de organización lechera es una finca de tipo “familiar”, que se trata – en sentido amplio- de una explotación administrada por el productor y su familia, quienes además aportan la mayor parte de la mano de obra (FAO, 2011).

2.1.1. Producción de leche en México

En 2015, México ocupó la novena posición en la producción mundial de leche de vaca, dos de cada cien litros de leche de esta especie que se producen en el mundo son de origen mexicano. A nivel nacional en el primer trimestre de 2016, la producción de leche de bovino se incrementó 1.8%, mostrando un incremento superior al crecimiento de la población, destacando los estados de Jalisco, Coahuila, Durango, Chihuahua, Guanajuato, Veracruz, y en el séptimo puesto, el Estado de México con una producción de leche de vaca en 2015 de más de 455 mil toneladas (SIAP, 2016).

Las regiones más importantes en la actividad lechera en el Estado de México son Zumpango-Cuautitlán, Texcoco y en cuarto sitio se encuentra el Noroeste del Estado de México en las cuencas de Aculco-Polotitlán y Jilotepec; seguidos por el Valle de Toluca. El municipio de Zumpango ocupa el primer lugar con una

producción de 195,293 miles de litros y el segundo lugar lo registra el municipio de Texcoco con 121,648 miles de litros para el 2008 (SIAP, 2010).

La producción de leche en México se lleva a cabo en tres sistemas. Los de gran escala localizados principalmente en el centro-norte del País, la lechería tropical ubicada en las costas y la lechería en pequeña escala en el Altiplano Central (García, 1996), sistema en la cual se enfoca este trabajo.

La importancia radica en que los sistemas de producción de leche en pequeña escala con hatos menores a 30 vacas más sus reemplazos representan al mayor número de unidades de producción especializadas en México y aportan por arriba del 30% de la producción nacional (Martínez *et al.*, 2015)

2.1.2. Sistemas de producción de leche en pequeña escala (SPLPE)

Los sistemas de producción de leche en pequeña escala se caracterizan por unidades de producción que cuentan con pequeñas superficies de tierra, y con hatos entre 3 y 30 vacas más sus reemplazos (Martínez *et al.*, 2015). Las razas que manejan son Holstein, Pardo Suizo, Criollo y sus cruza. Utilizan primordialmente la mano de obra familiar; la venta de leche proporciona ingresos fundamentales para la vida de la familia productora, y que algunas veces se complementa con ingresos generados por otras actividades dentro o fuera de la unidad de producción (Espinoza *et al.*, 2005).

2.1.3. Estrategias de alimentación en los SPLPE

En los sistemas de producción de leche en pequeña escala el papel que juega la alimentación es muy importante ya que representa el 65% del costo total de producción de la unidad (Espinoza *et al.*, 2007).

Los forrajes pueden contribuir a incrementar la eficiencia productiva de las explotaciones pecuarias, pues constituyen la fuente más barata de nutrientes por lo

que antes que recurrir al uso de concentrados, debe asegurarse la provisión de forrajes de alta calidad (Arriaga *et al.*, 1999)

En la alimentación de los hatos una de las ventajas del pastoreo es la baja inversión en las instalaciones, material y equipo, además los bajos costos con los que se puede operar. Con el pastoreo disminuyen los gastos en la alimentación al evitar el corte, acarreo para la provisión del forraje en las instalaciones, ya que los animales cosechan su propio alimento, fertilizando la pradera, debido a que el estiércol se deposita directamente evitando así la acumulación de grandes cantidades de estiércol (Arriaga, 1999).

Por lo anterior, el pastoreo en praderas cultivadas surge como una alternativa tecnológica para reducir los costos de alimentación de las unidades de producción de leche (Espinoza *et al.*, 1997; Pincay *et al.*, 2013)

2.2. Cambio climático y ganadería

El cambio climático ya es un hecho, y en la agricultura se ha visto como las plantas han acortado su ciclo de vida, y de esta manera pueden producir semillas en un tiempo corto, con menos agua y con temperaturas altas (Raya *et al.*, 2015). Cabe señalar que en México a causa del cambio climático las sequías podrían ser aún más severas (Magaña *et al.*, 2000).

Esta variabilidad en el clima ha afectado el crecimiento de las plantas, lo que lleva a una gran preocupación en el suministro de pastos en las tierras con épocas secas prolongadas (Ozcan *et al.*, 2015).

Según Ozcan *et al.* (2015) existen pastos que tienen un mayor rendimiento en zonas templadas además de captar el dióxido de carbono (CO₂) como los son el ballico o ryegrass perenne (*Lolium perenne*) y la festuca alta (*Festuca arundinacea*); ésta última con la cualidad de no necesitar grandes cantidades de agua por lo que su

uso puede ser una buena opción para la alimentación del ganado en las condiciones de los SPLPE en el altiplano central mexicano.

2.3. Triticale

El Triticale (*x Triticosecale Wittmack*) es resultado de la cruce intergenérica de trigo (*Triticum aestivum*) y centeno (*Secale cereale*). Es un cultivo con valor nutritivo adecuado para su utilización en la alimentación animal (tanto el grano como el forraje), con una alta tolerancia a factores adversos del medio ambiente como lo son las bajas temperaturas, con la capacidad de producir una adecuada cantidad de forraje en los meses de temperaturas más bajas (diciembre a febrero); además tiene una mayor tolerancia a deficiencia de agua y nutrientes. Se adapta bien a sistemas agrícolas desfavorables y de bajos insumos por lo que puede ser una alternativa viable para los productores (Bejar *et al.*, 2004).

Se caracteriza por su alto contenido de proteína, prospera en climas templados y fríos. Requiere lluvias moderadas, en un rango de 229 a 762 milímetros por año. La temperatura media en verano debe ser de cuando menos 13°C (SIAP, 2014).

Puede ser utilizado como monocultivo o mezclado con otros cultivos para obtener una mayor producción de forraje al igual que otros forrajes de cereales de grano pequeño. El triticale tiene una mayor producción de materia seca (MS) además presenta una menor pérdida de calidad mientras avanza su desarrollo fenológico (González, 2016)

2.4. Henificación de forrajes

La henificación es un método de conservación de forraje en seco, producida por una rápida evaporación en campo del agua contenida en los tejidos de la planta. Esta humedad debe estar siempre por debajo del 20% para lograr una buena conservación, la cual finalmente se estabiliza alrededor del 15% durante el almacenaje (Cattani *et al.*, 2011).

El heno es el método de conservación del forraje conocido desde tiempos remotos; puede ser hecho de manera manual o con máquinas. Muchos pequeños productores pueden hacer heno y almacenar los sobrantes de cultivos para alimentar el ganado en tiempos de escasez (FAO, 2003).

2.4.1. Efecto de sustitución de heno de triticale

El henificado de triticale es el resultado de una serie de procedimientos en los cuales se incluye primeramente corte, seguido del secado al sol hasta alcanzar aproximadamente 85% de materia seca (MS) y posteriormente es empacado y almacenado hasta su uso. El valor nutricional va a depender del estado de madurez, los procesos mecánicos y del tipo de corte (Aguilar *et al.*, 2013).

Cuando las vacas en pastoreo reciben suplementos, el consumo de MS de pastura generalmente disminuye, lo cual es conocido como tasa de sustitución. La suplementación con forrajes conservados como los son el heno y el ensilado provocan una mayor depresión del consumo de la pradera que el concentrado, lo que bajo condiciones favorables de pastoreo se traduce en altas tasas de sustitución.

En periodos de escasez, la complementación con forrajes conservados es una buena opción ya que permite reducir la presión de pastoreo y de igual manera conservar o aumentar la carga animal.

El uso de heno en animales en pastoreo se ha visto como un medio para aumentar el consumo de MS en época de estiaje además de aumentar el consumo de fibra.

Cuando hay suficiente disponibilidad de pradera, la oferta de heno tiene muy poco efecto sobre el consumo total de MS, ya que la tasa de sustitución es de 1.0 kg/kg.

Con una complementación de heno a vacas en pastoreo, el consumo de MS de la pradera puede disminuir hasta un promedio de 3.0 a 3.5 kg/d, y va a depender de la forma y cantidad en que se suministre el heno (Bargo, 2002).

2.5. Festuca alta (*Festuca arundinacea*)

La festuca alta (*Festuca arundinacea*) es una gramínea perenne de clima templado de 45-180 cm de altura con hojas planas verdosas oscuras y espiguillas alargadas, tiene una fuerte y profunda raíz que permite obtener fácilmente agua del suelo. Se adapta muy bien a condiciones climáticas muy diversas (frío, calor y sequía), por lo que puede ser importante en los sistemas ganaderos ya que tiene la capacidad de producir forraje de alta calidad (INSUA, 2013). Es una especie con excelente producción de forraje pero su calidad puede verse afectada si su manejo es inadecuado (Milne, 2009).

Es de crecimiento inicial lento y vulnerable a la competencia de especies más agresivas, como los ballicos, por ello se recomienda mezclarlo únicamente con dátilo (*Dactylis glomerata*), alfalfa (*Medicago sativa*) o trébol blanco (*Trifolium repens*). Su dosis de siembra es de 20-24 kg/ha en siembras puras, y en mezclas se emplean dosis inferiores. Tiene persistencia elevada, superando los 5 años y producciones elevadas, próximas a las 10 t MS/ha en una temporada, y sus rendimientos son sostenidos a lo largo del año. Su preferencia por el ganado y su digestibilidad son bajas (Universidad Pública de Navarra, 2007).

Puede ser usado para corte, pastoreo o para henificar. Es tolerante al pastoreo y el pisoteo del ganado. Debido a la disminución de digestibilidad en su etapa de espigado y a su rápido rebrote se recomienda que la planta se encuentre en estado joven; por esto debe existir un pastoreo intensivo de la pradera (Universidad Pública de Navarra, 2007).

2.6. Características del ballico perenne (*Lolium perenne*)

Es ballico o ryegrass perenne (*Lolium perenne*) conocido comúnmente como ballico o ryegrass inglés es una gramínea para lugares de clima templado, se adapta a altitudes hasta de 2500 metros sobre el nivel del mar, es una especie que se adapta a condiciones tanto de pastoreo como de corte (Hodgson, 1994).

2.6.1 Características del *Lolium perenne* cv *Bargala*

El *Lolium perenne* cv. *Bargala*, es una variedad de clima templado, con rápido establecimiento, resistente al frío, tolera inundaciones, de rendimiento y calidad nutritiva alta, fácil establecimiento para su uso en combinación con otras especies de gramíneas o leguminosas, además de un excelente vigor para su uso directo al pastoreo o corte, formando praderas con buena palatabilidad y alta calidad nutritiva (Plata, 2016).

El Cuadro 1 muestra la composición química característica del ryegrass perenne (Calsamiglia et al., 2004).

Cuadro 1. Componentes nutritivos del ryegrass perenne (g /100g MS).

Nutriente	Contenido
MS	23.80
HUMEDAD	76.20
CENIZAS	12.40
PC	19.70
EE	3.99
FC	19.10
FDN	40.50
FDA	22.60
Ca	0.51
EM Mcal (MJ)/kg MS	2.41 (10.1)

MS: Materia Seca, PC: Proteína Cruda, EE: Extracto Etéreo, FC: Fibra Cruda, FDN: Fibra Detergente Neutro, FDA: Fibra Detergente Ácido, Ca: Calcio, EM: Energía Metabolizable, (MJ)/kg:(Megajoules/kilogramo). (Calsamiglia *et al.*, 2004).

III. JUSTIFICACIÓN

El pastoreo de praderas irrigadas ha demostrado ventajas en la reducción de los costos de alimentación del ganado al implementarse en los sistemas de producción de leche en pequeña escala.

El ballico o ryegrass perenne (*Lolium perenne*) variedad *Bargala* es una gramínea de excelente calidad pero no muy resistente a condiciones adversas como falta de agua o temperaturas muy altas que son situaciones comunes en el altiplano central, y también es sensible a condiciones de manejo como carga animal alta que pueden propiciar su desaparición de las praderas.

Por otro lado, la festuca alta (*Festuca arundinacea*) es resistente a condiciones ambientales y de manejo difíciles, aunque la literatura menciona su menor valor nutritivo. Es importante evaluar gramíneas como la *Festuca arundinacea* que se adapten mejor a una baja disponibilidad de agua de riego y temperaturas elevadas en primavera y verano, en comparación con variedades probadas como el *Lolium perenne* para garantizar la producción de forraje de buena calidad en los sistemas de producción de leche en pequeña escala, que permitan mantener el rendimiento de forraje en las praderas durante varios años; y que cumplan los requerimientos nutritivos para mantenimiento y producción de las vacas, permitiendo el uso de recursos disponibles de las unidades de producción de leche en pequeña escala. A partir de lo anterior, se hace necesario comparar la respuesta productiva de vacas lecheras en pastoreo de praderas de estas especies de gramíneas bajo las condiciones del Noroeste del Estado de México.

Dadas las condiciones ambientales del altiplano central ante la inestabilidad en las lluvias como posible efecto del cambio climático, es necesario evaluar la conservación de forrajes como la henificación de forraje de cereales como el triticale que resiste temperaturas elevadas y déficit de agua por lo que puede ser un complemento en las estrategias de alimentación de los hatos lecheros en SPLPE.

Cabe mencionar que no se encuentra mucha información sobre el uso de henificado de triticale en la alimentación de vacas lecheras.

IV. HIPÓTESIS

No existen diferencias en el desempeño productivo en términos de rendimiento y composición química de leche (grasa, proteína y lactosa), peso vivo y condición corporal de vacas lecheras complementadas con 3.0 kg de MS/vaca/día de heno de triticale con 8h de pastoreo continuo en praderas bajo riego cultivadas con ryegrass (*Lolium perenne*) cv. *Bargala* o festuca alta (*Festuca arundinacea*) de variedad desconocida comúnmente utilizada en la zona de estudio desde hace más de 40 años, ambas asociadas con trébol blanco (*Trifolium repens* cv. *Ladino*); complementadas con 4.45 kg de MS de alimento balanceado comercial/vaca/día (marca Malta 18% de PC) en una unidad de producción de leche en pequeña escala en el Noroeste del Estado de México.

No existen diferencias en los rendimientos de forraje en kg MS/ha, composición química del forraje en términos de materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y digestibilidad enzimática *in vitro*, entre praderas bajo riego cultivadas con ryegrass (*Lolium perenne*) o *Festuca arundinacea*, asociadas con trébol blanco (*Trifolium repens*) cv. *Ladino*.

V. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Evaluar el desempeño productivo de vacas lecheras, en términos de rendimiento y composición de leche, condición corporal y peso vivo de vacas lecheras complementadas con henificado de triticale bajo pastoreo continuo intensivo de *Lolium perenne* o *Festuca arundinacea*, ambas praderas asociadas con trébol blanco (*Trifolium rapens*) cv. Ladino en el Noroeste del Estado de México.

5.2. Objetivos específicos

Estimar el rendimiento y la composición química de la leche en cuanto al contenido de grasa, proteína y lactosa, además de la concentración de nitrógeno ureico en leche de vacas complementadas con henificado de triticale y concentrado comercial bajo pastoreo de praderas cultivadas con *Lolium perenne* o *Festuca arundinacea*, asociadas con trébol blanco (*Trifolium rapens*) cv. Ladino en el Noroeste del Estado de México.

Medir la altura comprimida de la pradera (cm), la acumulación neta de forraje (ANF) total y por día expresada en kg MS/ha, así como la digestibilidad enzimática *in vitro* y composición química de praderas cultivadas de *Lolium perenne* o *Festuca arundinacea* asociadas con trébol blanco (*Trifolium rapens*) cv. Ladino bajo pastoreo continuo intensivo por vacas lecheras en el Noroeste del Estado de México.

VI. MATERIAL

6.1. Material biológico

Se seleccionaron tres vacas Holstein y una vaca Holstein x Pardo Suizo, las cuatro en etapas similares de lactación, número de partos, condición corporal, rendimiento de leche (kg/vaca/día) previo al inicio del experimento y peso vivo (kg).

Se evaluaron dos praderas establecidas de 8,300 m² (0.83 ha) cada una, las cuales cuentan con cerco eléctrico. La primera pradera está cultivada con *Lolium perenne* cv. *Bargala* asociada con trébol blanco (*Trifolium repens* cv. *Ladino*) que fue establecida en el año 2015. La segunda pradera es de festuca alta (*Festuca arundinacea*) de variedad desconocida asociada con trébol blanco (*Trifolium repens* cv. *Ladino*), establecida en 2009. Ambas praderas se fertilizaron con 66 kg de nitrógeno/ha y 23 kg de fósforo/ha mediante la aplicación de 100 kg de urea y 50 kg de fosfato diamónico a cada pradera el 5 de mayo de 2016, además de manejo habitual del productor (fertilización con estiércol bovino en cada pradera).

6.2. Material no biológico

Bultos de concentrado comercial, marca Malta 18% de PC (40 kg c/u).

Báscula portátil electrónica con capacidad para 1000 kg.

6.3. Material de campo

Para la recolección de muestras de leche se utilizaron botes de plástico de 80 ml, cucharones, etiquetas, hielera, básculas de reloj (capacidad de 20 kg), analizador de leche por ultrasonido Lacti-check, libreta y lapicero.

Para la recolección de las muestras de la pradera se utilizaron bolsas de plástico, marcadores permanentes, libreta, un medidor de plato ascendente para determinar altura de la pradera (llamado “pastómetro”); un cuadrante de metal de 0.16m² (0.40

m x 0.40 m), 6 jaulas de exclusión del pastoreo de 0.25 m² (0.50 m x 0.50 m), tijeras de esquila, botas de hule y overol.

Muestras de Heno de Triticale: Bolsas de plástico, marcadores permanentes, y libreta.

6.4. Material de laboratorio

Termómetro, reactivos varios, baño María, 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, lápices y hojas.

VII. MÉTODO

El trabajo se llevó a cabo en la unidad de producción de leche en pequeña escala de un productor participante 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).

7.1. Tratamientos

Los tratamientos evaluados que conformaron la dieta de las vacas durante los 56 días del experimento fueron los siguientes:

Tx1: Pastoreo continuo intensivo durante 8 h/día en la pradera de **festuca alta** (*Festuca arundinacea*) asociada con trébol blanco (*Trifolium repens*) variedad Ladino + 3 kg MS /vaca/día de **heno de triticale** + 4.45 kg MS/vaca/día de concentrado comercial (18% PC).

Tx2: Pastoreo continuo intensivo durante 8 h/día en la pradera de **ryegrass perenne** (*Lolium perenne*) variedad *Bargala* asociada con trébol blanco (*Trifolium repens*) variedad Ladino + 3 kg MS/vaca/día de **heno de triticale** + 4.45 kg MS/vaca/día de concentrado comercial (18% PC).

Tx3: Pastoreo continuo intensivo durante 8 h/día en la pradera de **ryegrass perenne** (*Lolium perenne*) variedad *Bargala* asociada con trébol blanco (*Trifolium repens*) variedad Ladino + 4.45 kg MS/vaca/día de concentrado comercial (18% PC). Sin heno de triticale.

Tx4: Pastoreo continuo intensivo durante 8 h/día en la pradera de **festuca alta** (*Festuca arundinacea*) variedad desconocida asociada con trébol blanco (*Trifolium repens*) variedad Ladino + 4.45 kg MS/vaca/día de concentrado comercial (18% PC). Sin heno de triticale.

7.2. Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño de Cuadro Latino 4 X 4 con arreglo factorial de tratamientos 2x2. Los factores a evaluar fueron la especie de gramínea en las praderas (*Lolium perenne* vs. *Festuca arundinacea*) y la complementación o no con heno de triticale.

El experimento tuvo una duración de 8 semanas (56 días), divididas en 4 periodos experimentales de 14 días cada uno, cada periodo experimental se dividió en 10 días de adaptación a la dieta y 4 de toma de muestras de leche, recolección de datos y muestras de forrajes, con base en la metodología utilizada por Plata (2016).

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

Distribución de los tratamientos en un Cuadro Latino 4x4

Vacas	Periodos			
	I	II	III	IV
1	Tx1	Tx3	Tx4	Tx2
2	Tx2	Tx1	Tx3	Tx4
3	Tx4	Tx2	Tx1	Tx3
4	Tx3	Tx4	Tx2	Tx1

PI= Periodo I (13 de Mayo al 26 de Mayo); **PII=** Periodo II (27 de Mayo al 09 de Junio); **PIII=** Periodo III (10 de Junio al 23 de Junio); **PIV=** Periodo IV (24 de Junio al 07 de Junio) **Tx1=** Henificado de triticale + *Festuca arundinacea* **Tx2=** Henificado de triticale + *Lolium perenne* cv. *Bargala*; **Tx3=** *Lolium perenne* cv. *Bargala* **Tx4=** *Festuca arundinacea*.

El modelo estadístico es: $Y_{ijkl} = \mu + V_i + P_j + G_k + S_l + G*S_m + e_{ijklm}$

Dónde:

Y= Variable respuesta

μ = Media general

V = Efecto vacas $i = 1, 2, 3, 4$

P = Efecto debido al periodo experimental $j = 1, 2, 3, 4$

G= Efecto de debido a especie de gramínea $k = (1, 2)$

S= Efecto debido al nivel de inclusión de henificado $l = (1,2)$

G*S= Efecto debido a la interacción entre especie de gramínea y nivel de inclusión

e = Error experimental.

Para la evaluación de las praderas se llevó a cabo bajo un arreglo estadístico de parcelas divididas, el modelo matemático utilizado es el siguiente:

$Y_{ijklmn} = \mu + R_i + G_j + E_{ijk} + P_j + P*R_l + P*G_m + e_{ijklmn}$

Donde:

Y_{ijklmn} = Variable respuesta

μ = Media general

R_i = Efecto debido a la repetición

G_j = Efecto debido a la especie de gramínea (Parcela Mayor)

E_{ijk} = Variación residual (Error) de la Parcela Mayor ($R*G$)

P_j = Efecto debido al periodo experimental (parcela menor)

$G_j * p_j$ = Efecto debido a la interacción de la especie de gramínea por periodo experimental

$P_j * G_m$ = Efecto debido a la interacción del periodo por el pasto

e_{ijklmn} = Variación residual (error experimental)

7.3. Variables a evaluar de la producción animal

7.3.1. Rendimiento de leche

El peso de la leche por vaca se midió los últimos 4 días de cada periodo experimental en los ordeños de la mañana y de la tarde analizando 8 muestras diarias individualmente cada muestra, utilizando una báscula de reloj con capacidad de 20 kg. Se utilizó el rendimiento diario promedio (kg leche/vaca/día) para el análisis estadístico.

7.3.2. Composición química de leche

Se recolectaron 80 ml de muestra de leche por medio de ordeño manual después de cada ordeño y se analizaron en la unidad de producción para determinar su composición en cuanto a grasa, proteína y lactosa mediante el analizador de leche por ultrasonido Lacti-check (modelo LC/01). Se utilizó la composición promedio para el análisis estadístico.

7.3.3. Peso Vivo

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

7.3.4. Condición corporal

Esta variable se registró al inicio del experimento y al final de cada periodo experimental de acuerdo a la técnica descrita por Wattiaux (2013), diseñada para una evaluación visual considerando una escala de 5 puntos:

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

7.4. Variables a evaluar de la pradera

7.4.1. Altura de la pradera

Las mediciones de altura de cada pradera se registraron los días 14 de cada período experimental, de acuerdo a la técnica de plato ascendente descrita por Hodgson (1994), que consiste en un plato de aluminio que se desliza sobre una varilla central graduada en centímetros. Dicha varilla toca el suelo y el plato de aluminio es suspendido por la altura y densidad del forraje lo que permite conocer la altura comprimida del forraje. La técnica consta de 20 mediciones en zigzag con un patrón de “W” cada 20 pasos, abarcando el área total de cada pradera.

7.4.2. Acumulación Neta de Forraje (ANF)

La acumulación neta de forraje, se calculó para poder determinar el crecimiento promedio en cada periodo. Método directo que estima la disponibilidad de forraje útil para el manejo del pastoreo continuo intensivo.

Se utilizaron tres jaulas de exclusión del pastoreo de 0.25 m² (0.50 m x 0.50 m) y 80 cm de alto por cada pradera colocadas de manera aleatoria para la determinación del crecimiento del forraje, a partir de cortes delimitando el área con un cuadrante de metal de 0.16m² (0.40 m x 0.40 m). El primer corte correspondiente al día 0 se realizó a un lado de la jaula de exclusión, y el segundo corte correspondiente al día 14 se realizó dentro de la jaula con el mismo cuadrante. El pasto fue cortado al ras del suelo, con tijeras para esquila, y se determinó la materia seca. Por diferencia se estimó la acumulación neta de forraje y el resultado se expresó en kg de MS/ha, repitiendo el procedimiento en cada uno de los cuatro períodos de experimentación.

7.5. Composición química del forraje de pradera y complementos alimenticios

Los análisis bromatológicos de las muestras de forraje se realizaron en el laboratorio del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) de la UAEM de acuerdo a los procedimientos establecidos, siguiendo las técnicas de la AOAC (2007).

Para la obtención de las muestras del forraje verde en la pradera se utilizó la técnica de pastoreo simulado que consiste en recolectar muestras al azar de toda la pradera con la mano de forma semejante a los cortes que hacen las vacas al pastorear, lo que permite tener un buen estimador de la calidad nutritiva del forraje consumido (Hodgson, 1994). Se realizó en cada una de las dos praderas el último día de medición de cada período experimental.

Los componentes a determinar tanto para las muestras de pastoreo simulado de las praderas y para los complementos (heno de triticale y concentrado comercial) fueron: Materia Seca (MS) colocando las muestras en una estufa de aire forzado a 65°C durante 48 horas; proteína cruda (PC) que representa la combinación de la proteína verdadera y el nitrógeno no proteico, se utilizó el método de Kjeldahl, calculando el total de proteína cruda al multiplicar la cantidad de nitrógeno total presente en la muestra por 6.25 (AOAC, 2007).

Los compuestos inorgánicos o minerales (cenizas) se determinaron al colocar la muestra en una mufla a temperatura de 550°C durante 3 horas (Wattiaux, 2002).

Las fracciones de fibra se determinaron de acuerdo al método descrito por Van Soest *et al.* (1991) en términos de fibra detergente neutro (FDN) con alfa amilasa y de fibra detergente ácido (FDA) ambas sin corrección de cenizas.

Se determinó la digestibilidad *in vitro* de MS según el método de incubación enzimática (Sainz, 2016).

7.6. Energía metabolizable (EM)

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

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

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

7.7. Manejo del ganado

Después del ordeño de la mañana (07:00 h) y tarde (16:00 h) se suministraron 2.5 kg/MS de concentrado comercial (MF) a cada una de las vacas y 1.5 kg/MS de henificado de triticale según tratamiento asignado. El ordeño se realizó a mano. Las vacas se llevaron a la pradera y fueron distribuidas de acuerdo a la secuencia de tratamiento correspondiente. El pastoreo fue continuo intensivo durante 8 horas (08:00 a 16:00 h), con agua *ad libitum*. La distancia de los corrales a la pradera es de aproximadamente 100 metros.

VIII. LÍMITE DE ESPACIO

La unidad de producción de leche en pequeña escala donde se realizó el trabajo experimental se ubica en el Ejido San Lucas tercer cuartel, perteneciente al municipio de Aculco, el cual tiene una superficie de 465.7 kilómetros cuadrados, y representa el 2.18% del total estatal (Fadul *et al.*,2013), ubicado al Noroeste del Estado de México, colinda al Norte con el municipio de Polotitlán y el Estado de Querétaro, al Sur con el municipio de Acambay, al Este con el municipio de Jilotepec y al Oeste igualmente con el Estado de Querétaro.

La región está considerada como una zona de clima semifrío, con lluvias en verano, sin estación invernal bien definida. La temperatura media anual es de 13.2°C presentándose las temperaturas más bajas en los meses de noviembre a febrero llegando incluso a temperaturas bajo 0°C, ocasionando heladas. La temporada de lluvias inicia a finales de marzo o principios de abril, hasta octubre o noviembre. Su precipitación pluvial promedio anual es de 699.6 milímetros (Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México, 2005)



Figura 1. Ubicación geográfica del municipio 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. LÍMITE DE TIEMPO

La fase experimental tuvo una duración de 8 semanas (56 días), dividida en cuatro períodos de 14 días cada uno, durante la temporada de lluvias, del viernes 13 de mayo al jueves 07 de julio del 2016.

Los períodos se dividieron como a continuación se muestra:

Periodo	Duración del Periodo
PI	13 al 26 de mayo
PII	27 de mayo al 9 de junio
PIII	10 al 23 de junio
PIV	24 de junio al 7 de julio

La fase de laboratorio se desarrolló durante los meses de agosto y septiembre de 2016.

Para el análisis e interpretación de resultados se destinaron los meses de octubre y noviembre de 2016.

X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

10.1 Producción animal

Las variables de producción animal como: rendimiento de leche, peso vivo y condición corporal se describen a continuación.

Cuadro 2. Rendimiento de leche, peso vivo y condición corporal promedio de las vacas lecheras pastoreando 8 horas suplementadas con y sin heno de triticale.

Concepto	Tratamiento				EEM	Significancia
	Tx1	Tx2	Tx3	Tx4		
RL (kg/vaca/día)	14	15	16	14	0.26	0.072 ^{NS}
PV (kg/vaca)	537	531	531	534	3.19	0.520 ^{NS}
CC (1-5)	2	2	2	2	0	0 ^{NS}

RL= Rendimiento de leche; **PV=** Peso Vivo; **CC=** Condición Corporal; **Tx1=** Henificado de triticale + *Festuca arundinacea* **Tx2=** Henificado de triticale + *Lolium perenne cv. Bargala*; **Tx3=** *Lolium perenne cv. Bargala* **Tx4=** *Festuca arundinacea*; ^{NS}= No significativo (P>0.05).

10.1.1. Rendimiento de leche

En el Cuadro 3 se presenta el rendimiento de leche, donde si bien no existieron diferencias significativas (P>0.05), si se observó una tendencia (P<0.05) hacia un mayor rendimiento de leche (RL) en los tratamientos con ryegrass cv. Bargala (Tx2 y Tx3) en comparación con el pastoreo en praderas de festuca alta (Tx1 y Tx4).

La media de producción de leche obtenida fue de 15.51 kg/vaca/día, rendimientos similares a los reportados por López *et al.* (2016) quienes obtuvieron 15.7 kg/vaca/día en una unidad de producción del Municipio de Aculco, utilizando como base alimenticia el pastoreo de praderas y complementando con 5 kg/vaca/día de alimento concentrado, al igual que los resultados de Celis *et al.* (2016) quien obtuvo

15.6 kg/vaca/día en vacas en pastoreo complementadas con ensilado de avena – ballico. Sin embargo estos resultados son menores a los reportados por Plata *et al.* (2016), Anaya *et al.* (2009), y Heredia-Nava *et al.* (2007), quienes encuentran producciones de leche superiores a los 18 kg/leche/vaca/día.

Martínez *et al.* (2015) presenta rendimientos de 13.2 kg/vaca/día para unidades de producción de leche en pequeña escala en el municipio de Aculco, con estrategias de alimentación convencionales con sistemas de corte y acarreo de praderas, resultados menores a los encontrados en esta investigación.

La complementación con 3.0 kg de MS/vaca/día de heno de triticale no afectó la respuesta ($P>0.05$) en rendimiento de leche.

Los rendimientos de leche observados indican que con el pastoreo de praderas de buena calidad en clima templado permiten mantener una producción de leche media complementando con una cantidad moderada de concentrado en SPLPE, y que no existen diferencias en los rendimientos entre las dos gramíneas evaluadas el ryegrass perenne variedad Bargala y la Festuca alta; que cubren los requerimientos nutricionales de las vacas para este nivel de rendimiento de leche; tomando en cuenta la etapa de lactación en que se encontraban las vacas, la época del año, la carga animal de 2.4 vacas/ha y las condiciones de la pradera, factores que determinan el desempeño productivo en pastoreo (Arriaga *et al.*, 1999).

10.1.2. Peso vivo y condición corporal

Respecto al PV el promedio obtenido fue de 533 kg/vaca, no se observaron diferencias significativas ($P>0.05$) entre tratamientos, solo un ligero descenso en el Tx3 y Tx4 respecto al Tx1. Estos resultados de peso vivo son mayores a lo reportado por otros autores (Garduño-Castro *et al.*, 2009; Hernández-Ortega *et al.*, 2011; Alfonso-Ávila *et al.*, 2012), quienes reportan valores entre 501 kg y 507 kg.

En cuanto a los resultados obtenidos correspondientes a los promedios de condición corporal no se presentaron diferencias significativas ($P>0.05$). La condición de las vacas durante el experimento se mantuvo similar desde el inicio hasta el final con un puntaje promedio de 2 considerado en una escala del 1 a 5 puntos. Estos resultados son mayores a Heredia-Nava *et al.* (2007) quienes encontraron valores para condición corporal de 1.6, sin embargo son menores a los reportados por Anaya-Ortega *et al.* (2009), con valores para condición corporal de 2.6.

10.2. Composición química de la leche

La composición química de la leche (Cuadro 4) fue similar entre tratamientos ($P>0.05$). El contenido de grasa, proteína y lactosa se encuentra dentro de los parámetros establecidos en la norma mexicana -NMX-F-700-COFOCALEC-2012.

Cuadro 3. Promedio de composición química (g/ kg) y concentración de nitrógeno ureico en leche (mg/dL) de cada tratamiento.

Concepto	Tratamiento				EEM	Significancia
	Tx1	Tx2	Tx3	Tx4		
Grasa (g/kg de leche)	38.3	37.2	38.0	38.5	0.022	0.143 ^{NS}
Proteína (g/kg de leche)	31.4	31.2	31.4	31.5	0.008	0.471 ^{NS}
Lactosa (g/kg de leche)	45.4	45.3	44.8	45.6	0.019	0.265 ^{NS}
NUL(mg/dL)	11.5	11.9	10.3	14.2	0.36	0.185 ^{NS}

Tx1= Henificado de triticale + *Festuca arundinacea* **Tx2=** Henificado de triticale + *Lolium perenne* cv. *Bargala*; **Tx3=** *Lolium perenne* cv. *Bargala* **Tx4=** *Festuca arundinacea*. **NUL=**Nitrógeno Ureico en Leche; ^{NS}= No significativo ($P>0.05$).

10.2.1. Grasa en leche

Los resultados del contenido de grasa en leche se observan en el Cuadro 4, en el cual fue similar ($P>0.05$) entre los tratamientos evaluados. El contenido de grasa promedio obtenido fue de 30.7g/kg de leche este resultado es superior a Rosas (2016) quien realizó un trabajo similar.

10.2.2. Proteína en leche

Para la variable de proteína en leche no se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) entre tratamientos. El promedio del contenido de proteína fue de 31.3 g/kg inferior a los promedios reportados por Plata (2016) y Gómez (2016) quienes evaluaron praderas destinadas al pastoreo con tres variedades de rye grass (*Bargala*, *PayDay* y *Spring Green*) además de bromo *Matua* y la suplementación con concentrado comercial en el Municipio de Aculco.

10.2.3. Lactosa en leche

El contenido de lactosa no presentó diferencias entre los tratamientos evaluados ($P>0.05$). Los valores de lactosa que se observaron en leche en el experimento están dentro del rango de las especificaciones que indica para composición química de la leche de la norma NMX-F- 700-COFOCALEC-2004 con una media de 45.2g/kg de leche encontrándose por debajo de lo mencionado por Wattix (2002) quien estima que la producción de lactosa en vacas lecheras de 47g/kg.

10.2.4. Concentración de nitrógeno ureico en leche (NUL)

El valor de NUL es utilizado para saber si existen problemas con los aportes de proteína, relacionándolos con los aportes energéticos y la cantidad que se necesita de fibra en la dieta (Cerón *et al.*, 2014).

Los valores de NUL obtenidos del experimento presentan una media de 12 mg/dL, resultado que coincide con Ishler (2008) con rangos promedio de 12 a 14 mg/dL, y

es similar a lo encontrado por Cerón *et al.* (2014). Esto indica que las dietas proporcionadas fueron adecuadas y se cubrieron los requerimientos y balance de proteína y energía de las vacas.

10.3. Praderas

Cuadro 4. Resultados de la altura (cm) y de la acumulación neta de forraje por periodo (14 días) y por día, por periodo de dos variedades de gramíneas de clima templado.

Variable	Variedad	Periodos				Media
		I	II	III	IV	
Altura (cm)	Ryegrass	8	9.25	8.25	7.45	8.3
	Festuca	5.73	6.15	6.85	9.15	6.97
ANF por periodo (Kg MS/ha/periodo)	Ryegrass	609.95	795.58	405.53	344.37	559.11
	Festuca	556.04	554.41	848.26	630.55	647.32
ANF por día (Kg MS/ha/día)	Ryegrass	49.35	56.83	28.97	24.4	39.94
	Festuca	39.72	39.6	60.59	45.04	46.24

PI= Periodo I (13 de Mayo al 26 de Mayo); **PII=** Periodo II (27 de Mayo al 09 de Junio); **PIII=** Periodo III (10 de Junio al 23 de Junio); **PIV=** Periodo IV (24 de Junio al 07 de Junio); **ANF=** Acumulación neta de forraje.

10.3.1. Altura

La altura promedio de ambas praderas se mantuvo constante durante el experimento con un promedio de 8.3 para ryegrass y 6.9 para festuca; no existiendo diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$).

La altura promedio para praderas destinadas al pastoreo continuo de vacas debe ser de 5 a 8 cm, ya que praderas con una altura menor de 5.0 restringe el consumo voluntario de los animales (Hodgson 1994); por lo que se puede decir que las praderas evaluadas en este estudio están dentro de los rangos óptimos para no limitar el consumo en pastoreo.

El promedio de la altura comprimida con el plato ascendente de las praderas es superior a lo reportado por Arriaga *et al.* (2001) de 5.4 cm y Plata *et al.* (2016) con un promedio de 3.5 cm.

10.3.2 Acumulación neta de forraje (ANF)

El Cuadro 5 presenta los resultados de acumulación neta de forraje durante el experimento. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las dos especies de gramínea evaluadas ($P>0.05$). Los valores correspondientes a la acumulación neta de forraje (ANF) por periodo obtenida en el presente estudio son en promedio de 603.20 kg/ha de MS, y por día representan una disponibilidad promedio de 43.1 kg/ha/día de MS. Considerando una carga animal de 2.4 vacas/ha de 17.95 kg/vaca/día de MS, ligeramente arriba de las estimaciones de consumo voluntario en MS, además de la suplementación con 5.0 kg de concentrado comercial/vaca/día por lo que las vacas tuvieron una adecuada disponibilidad de pradera, considerando ambas praderas tanto ryegrass como festuca.

No obstante, que no existieron diferencias significativas ($P>0.05$), es interesante notar que numéricamente la ANF de forraje de la pradera de festuca fue 16% mayor en promedio a la pradera de ryegrass. Más interesante aún es notar que el ryegrass tuvo una ANF superior en los primeros dos periodos, siendo superior en festuca en los últimos dos periodos.

La ANF media global registrada en el presente trabajo, está por debajo de la reportada por Rosas (2016) de 2492.6 kg/ha de MS registradas para un periodo de

6 semanas; pero superior a Plata *et al.* (2016) con una media de 308.31 kg/ha de MS en praderas evaluadas durante los meses de Junio y Julio de 2015.

Cuadro 5. Resultados promedio del contenido de materia seca por periodo de dos variedades de gramíneas de clima templado.

Variable	Variedad	Periodos				Media
		I	II	III	IV	
Materia seca (g MS/Kg)	Ryegrass	165.55	198.79	206.7	181.58	188.15
	Festuca	189.34	204.15	200.91	179.98	193.59

PI= Periodo I (13 de Mayo al 26 de Mayo); **PII=** Periodo II (27 de Mayo al 09 de Junio); **PIII=** Periodo III (10 de Junio al 23 de Junio); **PIV=** Periodo IV (24 de Junio al 07 de Junio).

10.3.3 Contenido de Materia seca

El contenido de materia seca (MS) es el resultado de la extracción de agua que contienen las plantas en su estado fresco, determina la concentración de nutrientes disponibles en el forraje y además cuando el contenido de MS se ve disminuido es un factor limitante del consumo y por lo tanto de la producción animal (a mayor consumo mayor producción) (Teuber *et al.*, 2007).

El contenido de MS en promedio de las dos praderas y durante los cuatro periodos de experimentación se mantuvo constante, con una media de 188.15 g/kg de MS para ryegrass y de 193.59 g/kg de MS para festuca, sin diferencias significativas entre los periodos de evaluación ($P>0.05$).

Los valores promedio obtenidos en ambas praderas de este estudio están dentro de los reportado por Bargo (2002) quien establece promedios entre 180 a 240 g/kg de MS; y los reportados por Rosas (2016) con un promedio de 193 g/kg de MS; y

superior a lo reportado por Plata *et al.* (2016) con un promedio de MS de 158 g/kg. En contraste los valores promedio reportados por Guadarrama *et al.* (2007) y Anaya *et al.* (2009) son más altos con 240 g/kg de MS y 278 g/kg MS respectivamente en praderas de ryegrass.

Cuadro 6. Resultados de la composición química (g/kg de MS) de las praderas de dos variedades de gramíneas de clima templado.

Variable	Variedad	Periodos				Media	EEMPM	EEMPm	Significancia
		I	II	III	IV				
MO (g/kg)	Ryegrass	870.82	873.12	877.27	870.07	872.82	0.94	1.94	0.019 ^{NS}
	Festuca	873.45	875.7	877.4	871.6	874.53			
PC (g/kg)	Ryegrass	220.57	196.06	192.56	178.56	196.93	3.06	0.54	0.292 ^{NS}
	Festuca	206.48	192.56	213.56	241.48	213.52			
FDN (g/Kg)	Ryegrass	493.42	541.63	474.08	459.47	492.15	10.42	1.03	0.161 ^{NS}
	Festuca	471.72	573.75	543.25	523.57	528.07			
FDA (g/Kg)	Ryegrass	236.11	236.48	258.74	238.92	242.43	0.46	0.58	0.449 ^{NS}
	Festuca	174.59	246.46	241.11	251.34	228.37			
DIVMO (g/Kg MO)	Ryegrass	825.68	823.6	760.75	772.57	795.65	6.35	0.61	0.181 ^{NS}
	Festuca	735.36	666	660.24	709.32	692.73			
EM (MJ/kg MS)	Ryegrass	12.61	12.95	12.31	12.47	12.58	7.6	0.3	0.086 ^{NS}
	Festuca	11.62	10.75	10.73	11.13	11.05			

MO= Materia orgánica; **PC=** Proteína Cruda; **FDN=** Fibra Detergente Neutro; **FDA=** Fibra Detergente Ácido; **DIVMO=** Digestibilidad *in vitro* de la MS; **EM=** Energía metabolizable; ^{NS}= No significativo (P>0.05).

10.3.4. Materia orgánica

El contenido de materia orgánica (MO) tuvo un promedio de 873.67 g/kg MS no habiendo diferencias significativas entre ryegrass y Festuca ($P>0.05$). Los valores de MO aquí reportados son similares a Anaya *et al.* (2009) con 871 g/kg MS y con los de Hernández *et al.* (2011) con 879 g/kg MS, y son inferiores a Heredia *et al.* (2007) que obtuvo un promedio de MO de 936 g/kg y de igual manera con Guadarrama *et al.* (2007) y Plata *et al.* (2016) con 880 g/kg MS.

10.3. 5 Proteína cruda

El contenido de proteína cruda de un forraje va a depender del estado de madurez del mismo. Un forraje de buena calidad es aquel que tiene de un 180 a 240 g/kg MS de PC (Bargo 2002). Por lo tanto se puede inferir en que los valores aquí reportados están dentro de estos rangos por lo que se consideran praderas de buena calidad.

El promedio de las dos pradera evaluadas en este estudio es de 203.72 g/kg de MS, similares a los reportados por Heredia *et al.* (2007) con 209 g/kg de MS. Por otro lado son superiores a Anaya *et al.* (2009) con 164 g/kg de MS, estudios que trabajaron con ryegrass perenne en asociación con trébol blanco.

10.3.6. Fibra detergente neutro y fibra detergente ácido (FDN Y FDA)

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

En cuanto al contenido de Fibra Detergente Neutro se obtuvo un promedio de 492.15 g/kg MS para ryegrass, ligeramente inferior al de festuca que obtuvo un

promedio de 528.07 g/kg MS. Por otro lado, el contenido de fibra detergente ácido fue de 242.43 g/kg MS para ryegrass, ligeramente superior al de festuca con 14.06 g/kg MS; aunque no se observaron diferencias significativas ($P>0.05$).

Los valores aquí citados para FDN son menores a Plata (2016) con 572.16 g/kg MS, pero similares con Gómez (2016) y Rosas (2016), los tres trabajos basados en pastoreo.

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

10.3.7. Digestibilidad enzimática *in vitro* de la Materia Orgánica (DIVMO)

La digestibilidad de un alimento se define como la proporción de un nutrimento dado que se digiere (desaparece) en su paso por el tubo gastrointestinal, que es importante conocerlo para saber su disponibilidad como fuente de nutrientes para el animal.

El promedio de la DIVMO del ryegrass fue de 795 g/kg, superior a festuca por 102 g/kg lo cual refleja la mejor calidad del ryegrass como alimento para vacas lecheras, aunque las diferencias no fueron significativas ($P>0.05$). En promedio ambas praderas tuvieron una digestibilidad de 744 g/kg de MO de digestibilidad.

Los promedios de digestibilidad mencionados en este estudio son menores a Hernández *et al.* (2011) con 794 g/kg MS y Anaya *et al.* (2009), con 780 g/kg MS y son superiores a Albarrán *et al.* (2012) y Rosas (2016) con valores de 718 g/kg MS.

10.3.8 Energía metabolizable

El promedio de energía metabolizable estimada para ryegrass fue de 12.58 MJ/kg MS siendo ligeramente mayor a festuca que tuvo 11.05 MJ/kg/MS de EM, pero la diferencia no fue significativa ($P>0.05$). Arriaga *et al.* (1999) recomiendan una

energía metabolizable de 10 a 12 MJ/kg MS en praderas de ryegrass para vacas en lactación, por lo tanto los resultados en este estudio están dentro del rango.

Los resultados de este estudio son similares a los reportados por Rosas (2016) quien obtuvo 11.4 MJ/kg MS, y a los de Gómez (2016) con 11.58 MJ/kg MS.

10.3.9 Suplementos

El Cuadro 7 presenta la composición química del concentrado comercial y del heno de triticale.

El concentrado comercial tuvo una composición química acorde con lo esperado de acuerdo a la información de la etiqueta.

El heno de triticale presentó un menor contenido de PC, FDN y FDA, de forma que fue un heno de mediana calidad, ya que tuvo una DIVMO superior a los 700 g/kg MO representando una energía metabolizable estimada de 11.0 MJ EM/kg MS.

Cuadro 7. Composición química (g/kg MS) del concentrado comercial y del heno de triticale.

Composición química (g/kg MS)	MS	MO	PC	FDN	FDA	DIVMO	EM
Concentrado Comercial	929.43	955.68	185.34	282.47	141.19	926.81	14.86
Heno de Triticale	920.44	707.49	66.44	560.12	283.55	713.32	11.0

MS= Materia seca, **MO=** Materia orgánica, **PC=** Proteína cruda, **FDN=** Fibra neutro detergente, **FDA=** Fibra ácido detergente, **DEMS=** Digestibilidad enzimática de la materia seca; **EM=** Energía metabolizable (MJ/kg MS).

XI. CONCLUSIONES

De acuerdo a lo propuesto en un principio y dados los resultados obtenidos se concluye que:

El uso de praderas cultivadas con gramíneas como ryegrass perenne y festuca alta en asociación con leguminosas como el trébol blanco son una buena opción para vacas lecheras en pastoreo con rendimientos moderados de leche, representando la utilización de los recursos existentes en las unidades de producción de leche en pequeña escala en el noroeste del Estado de México.

De igual manera el henificado de triticale es una opción viable como complemento para la alimentación de las vacas ya que su consumo no afecta en el rendimiento de las mismas, con una digestibilidad y energía metabolizable que lo ubica como un forraje de buena calidad aunque con un bajo contenido de proteína cruda. En este experimento no representó un mayor rendimiento o efecto positivo en la composición de la leche, pero puede ser atractivo en condiciones de limitación en la disponibilidad de forraje en las praderas, porque obtuvo valores de digestibilidad y energía metabolizable similares a la Festuca alta de variedad desconocida.

Otro punto a considerar es que tanto el heno de triticale como la festuca han sido desarrolladas con características que permiten enfrentar el actual cambio climático, por sus cualidades de rusticidad, por lo que su incorporación a las unidades de producción es una buena opción.

La hipótesis planteada es aceptada ya que no existen diferencias en el rendimiento y la composición de leche, peso vivo o condición corporal de vacas en pastoreo continuo con praderas cultivadas con ryegrass (*Lolium perenne* cv *Bargala*) o festuca alta (*Festuca arundinacea*) de variedad desconocida, y suplementadas con heno de triticale.

XII. LITERATURA CITADA

- AOAC International. (2007): Official Methods of analysis, Gaithersburg, MD.
- AFRC, 1993. Animal and Food Research Council. Energy and protein requirements of ruminants, CAB International, Wallingford, UK.
- Albarrán B., García A., Espinoza A., Espinosa E. y Arriaga C. (2012): Maize silage in the dry season for grazing dairy cows in small-scale production systems in Mexico's highlands. *Indian Journal of Animal Research*. 46(4): 317-324.
- Aguilar EY, Borquez JL, Domínguez IA, Gonzalez M. (2013). Rendimiento, composición química y producción de gas in vitro de forrajes triticale (*x triticosecale wittmack*), cebada (*hordeum vulgare*) y su asociación con ebo (*vicia sativa*), conservados por ensilaje y henificado. *Journal of Agricultural Science*; Vol. 5, No. 2. Pag. 1-12.
- Anaya J., Garduño G., Espinoza A., Rojo R. y Arriaga C. (2009): Silage from maize (*Zea mays*), annual ryegrass (*Lolium multiflorum*) or their mixture in the dry season feeding of grazing dairy cows in small-scale dairy production systems in the Highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*. 41: 607-616.
- Arriaga Jordán, Carlos; Espinoza, Angélica; Albarrán Portillo, Benito; Castelán Ortega, Octavio. (1999): Producción de leche en pastoreo de praderas cultivadas: una alternativa para el Altiplano Central. *Ciencia Ergo Sum*, 6 (3).
- Arriaga C., Flores F., Peña G., Albarrán B., García A., Espinoza A., González C. and Castelán O. (2001): Participatory on farm evaluation of the response to concentrate supplementation by cows in early lactation in smallholder

peasant (campesino) dairy production systems in the highlands of central Mexico. *Journal of Agricultural Science*. 137: 97-103.

- Bargo F. (2002): Suplementación en pastoreo: conclusiones sobre las últimas experiencias en el mundo. Ponencia presentada en la 2ª Jornada Abierta de Lechería: “Alimentación y tipo de vaca en sistemas de base pastoril”, Cátedra de Producción Lechera, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Disponible en: <http://www.agro.uba.ar/sites/default/files/catedras/bargo.pdf>. (17 de noviembre de 2016).
- Bejar-Hinojosa M, Ammar K, Lechuga–Martínez, Fematt-Flores G, Cano-Magallanes JM. (2004): El cultivo de triticale como elemento importante en la sustentabilidad de agroecosistemas. Centro de Investigación para los Recursos Naturales. 4-8
- Bennett A, Lhoste F, Crook J, Phelan J. (2006). Futuro de la producción lechera en pequeña escala. Informe pecuario 2006. FAO, Roma. Pág. 1-8. (Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0255s/a0255s05.pdf> Consultado el 30 de septiembre de 2016.
- Calsamiglia, S. Ferret, A, Bach, A. (2004). Tablas FEDNA de valor nutritivo de forrajes y subproductos fibrosos húmedos. Fundación para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, 70 pp.
- Cattani, PA. 2011. Henificación, conservación de forrajes. Sitio Argentino de Producción Animal. 1-4.
- Celis M.D., López F., Martínez C. G., Estrada J. G., Arriaga C.M., (2016). Ensilado de avena-vallico para Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala en el altiplano central de México. Innovación sostenible en

pastos: Hacia una agricultura de respuesta al cambio climático. Sociedad española para el estudio de pastos. Lugo-A Coruña. pág. 297-201.

- Cerón M, Henao A, Múnera O, Herrera A, Díaz A, Parra A, Tamayo C. (2014): Concentración de nitrógeno ureico en leche: interpretación y aplicación práctica. Medellín, Colombia: Fondo Editorial Biogénesis.
- COFOCALEC-Consejo para el Fomento de la Calidad de Leche y Sus Derivados A.C., 2004. NMX-700-COFOCALEC-2004. Sistema producto leche alimento lácteo leche cruda de vaca especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba. México, D.F.
- Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México (2005). Disponible en: <http://elocal.gob.mx/work/templates/enciclo/EMM15mexico/index.html> (consultado el 04 de octubre de 2016)
- Espinoza Ortega, A.; Castelán Ortega, O.; Rojo Guadarrama, H.; Valdés Martínez, J. L. y Albarrán Portillo, B. (1997). "Resultados en el mejoramiento participativo de sistemas campesinos de producción de leche en el Valle de Toluca", en Rivera Herrejón, G.; Arellano Hernández, A.; González Díaz, L. y Arriaga Jordán, C. (Coords). Investigación para el desarrollo rural: diez años de experiencias del CICA,. Coordinación General de Investigación y Estudios de Posgrado. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca. p. 319-351
- Espinoza-Ortega, A., Espinosa-Ayala, E., Bastida-López, J., Castañeda-Martínez, T. and Arriaga Jordán C. M. 2007. Small-scale dairy farming in the highlands of central Mexico: Technical, economic and social aspects and their impact on poverty. *Experimental Agriculture*, 43: 241 – 256.

- Espinoza-Ortega, Angélica; Álvarez-Macías, Adolfo; del Valle, María del Carmen; Chauvete, Michelle. (2005): La economía de los sistemas campesinos de producción de leche en el Estado de México. *Técnica Pecuaria en México*, 43: 39-56
- Fadul L, Wattiaux MA, Espinoza A, Sánchez E, Arriaga C. (2013): Evaluation of sustainability of smallholder dairy production systems in the Highlands of Mexico during the rainy season. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 8:882-901.
- FAO. (2011): Producción y Sanidad Animal. Situación de la lechería en América Latina y el Caribe en 2011. Informe producido en el ámbito del Observatorio de la cadena láctea de América Latina y el Caribe. Federación Panamericana de Lechería (FEPALE).
- FAO. (2016): Producción de leche. Disponible en: <http://www.fao.org/agriculture/dairy-gateway/produccion-lechera/es/#.V6N0oevhCM8> (4 de Agosto 2016)
- FAO: (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Conservación de heno y paja para pequeños productores y en condiciones pastoriles. (2003).
- García H. L. A. (1996). Las importaciones mexicanas de leche descremada en polvo en el contexto del mercado mundial y regional. 2a ed. U. S. Dairy Export Council/Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Xochimilco.
- González F. (2016): Comparación de la digestibilidad *in vitro*, mediante incubación con líquido ruminal o enzimas, en forrajes de cereales de grano pequeño en sistemas de producción de leche en pequeña escala. Tesis de

licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México.

- 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. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México.
- Guadarrama J., Espinoza A., González C. and Arriaga C. (2007): Inclusion of maize or oats vetch silage for grazing dairy cows in small scale campesino systems in the highlands of central Mexico. *Journal of Applied Animal Research*. 32(1): 19-23.
- Heredia D., Espinoza A., Gonzales C. and Arriaga C. (2007): Feeding strategies for small-scale dairy system based on perennial (*Lolium perenne*) or annual (*Lolium multiflorum*) ryegrass in the central highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*. 39:179-188.
- Hernández M., Heredia D., Espinoza A., Sánchez E. and Arriaga C. (2011): Effect of silage from ryegrass intercropped with winter or common vetch for grazing dairy cows in small-scale dairy systems in Mexico. *Tropical Animal Health and Production*. 43:947-954.
- Hodgson, J. (1994): Manejo de pastos, teoría y práctica. Diana, México. Pág. 225-232.
- Insua J.R., Di Marco O.N., Agnusdei M.G., (2013). Calidad nutritiva de láminas de festuca alta (*Festuca arundinacea*) en rebrotes de verano y otoño RIA. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 39 (3): 267-272
- Ishler V. (2008): Interpretation of milk urea nitrogen value. *DAS*, 134.

- Kiraz. (2011). Determination of Relative Feed Value of Some Legume Hays Harvested at Flowering Stage, *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 6(5): 525-530.
- López F., Rosas M., Domínguez I.A., Arriaga C.M., (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. Sociedad española para el estudio de pastos. Lugo-A Coruña.* pág. 297-201.
- Magaña V., C. Conde, O. Sánchez y C. Gay (2000), “Evaluación de escenarios regionales de clima actual y de cambio climático futuro para México”, en V. Magaña (ed.) y C. Gay (comp), *México: una visión hacia el siglo xxi. El cambio climático en México*, México, Semarnap/unam/usensp, pp. 15–21.
- Martínez C.G., Rayas A.A., Anaya J.P., Martínez F.E., Espinoza A., Prospero F. Arriaga C.M. (2015). Performance of small-scale dairy farms in the highlands of central Mexico during the dry season under traditional feeding strategies. *Tropical Animal Health and Production*, 47, 331-337.
- Milne G.D, Fribourg H.A, Hannaway D.B., (2009). Tall fescue for the Twentyfirst Century. Management in New Zealand, Australia, and South America. Madison, WI. pp. 101-118.
- Özkan S, Hill J, Cullen B. (2015). Effect of climate variability on pasture-based dairy feeding systems in south-east Australia. Department of Agriculture and Food Systems. University of Melbourne, Parkville, *Animal Production Science*, 55: 1106-1116.

- Pérez E, Peyraud L, Delagarde R. (2012): N-alkanes v. ytterbium/faecal index as two methods for estimating herbage intake of dairy cows fed on diets differing in the herbage: maize silage ratio and feeding level. *Animal*, 6(2):232–244.
- Plata D. (2016): “Evaluación de praderas cultivadas con dos variedades de gramíneas (*Bromus catharticus* cv *Matua*, *Lolium perenne* cv *Bargala*) y su asociación en pastoreo de vacas lecheras en el noroeste del Estado de México”. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México.
- Plata D.A, Gomez A, Lopez F, Dominguez I. A, Arriaga C. M. (2016). Evaluación de *Bromus catharticus* Vahl como recurso para praderas en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el altiplano central de México. *Innovación sostenible en pastos: Hacia una agricultura de respuesta al cambio climático*. Sociedad española para el estudio de pastos. Lugo-A Coruña. pág. 291-296.
- Rao I., Peters M., Castro A., Schultze-Kraft R., White D., Fisher M., Miles J., Lascano C., Blümmel M., Bungenstab D., Tapasco J., Hyman G., Bolliger A., Paul B., Hoek R., Maass B., Tiemann T., Cuchillo M., Douxchamps S., Villanueva C., Rincón A., Ayarza M., Rosenstock T., Subbarao G., Arango J., Cardoso J., Worthington M., Chirinda N., Notenbaert A., Jenet A., Schmidt A., Vivas N., Lefroy R., Fahrney K., Guimarães E., Tohme J., Cook S., Herrero M., Chacón M., Searchinger T. and Rudel T. (2015): The sustainable intensification of forage-based agricultural systems to improve livelihoods and ecosystem services in the tropics. *International Center for Tropical Agriculture*. 407 ed.

- Rosas M. (2016): Evaluación comparativa de tres variedades de gramíneas de clima templado (*ballico perenne* cv. *payday* y cv. *Bargala* vs *festulolium* cv *spring green*) para el pastoreo de vacas lecheras en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el noroeste del Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México.
- Sainz A. (2016): “Comparación de dos métodos in vitro para estimar la digestibilidad de ensilados de maíz (*Zea mays*) de sistemas de producción de leche en pequeña escala”. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. SIAP- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2014). TRITICALE GRANO
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2015): Panorama de la lechería en México. http://www.siap.gob.mx/wpcontent/uploads/boletinleche/Brochure_leche_DIC2015.pdf (4 de Agosto de 2016)
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2016): Boletín de la leche. http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/119412/B_de_Leche_abril-junio_2016_.pdf
- SIAP-SAGARPA 2010. Sistema de Información Agroalimentaria y pesquera. www.siap.gob.mx
- Teuber N., Balocchi O. y Parga J. (2007): Manejo del pastoreo. America. Osorno, Chile.

- Universidad Pública de Navarra (2007): Festuca Arundinacea. Departamento de Producción Agraria. Disponible en: http://www.unavarra.es/herbario/pratenses/htm/Fest_arun_p.htm (7 de agosto de 2016)
- Van Soest, P.J. B. Robertson, Lewis BA. (1991): Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal Dairy Science*, 74:3583–3597.
- Wattiaux MA (2002): Composición y análisis de alimentos. En Instituto Babcock para la investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera. Universidad de Wisconsin-Madison. Disponible en <http://babcock.wisc.edu/es/node/143> (14 de septiembre de 2016).