



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**  
**MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y**  
**RECURSOS NATURALES**

***Avena strigosa* CV. Saia COMO ALTERNATIVA A LA  
ALIMENTACIÓN DE VACAS LECHERAS EN SISTEMAS DE  
PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA, EN EL  
NOROESTE DEL ESTADO DE MÉXICO**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**PRESENTA:**

**JESÚS ISRAEL VEGA GARCÍA**

**El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. Noviembre 2018**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**  
**MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y**  
**RECURSOS NATURALES**

***Avena strigosa* CV. Saia COMO ALTERNATIVA A LA  
ALIMENTACIÓN DE VACAS LECHERAS EN SISTEMAS DE  
PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA, EN EL  
NOROESTE DEL ESTADO DE MÉXICO**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**PRESENTA:**

**JESÚS ISRAEL VEGA GARCÍA**

**COMITÉ DE TUTORES:**

**Dr. Carlos Manuel Arriaga Jordán**

**Dra. Julieta Gertrudis Estrada Flores**

**Dr. Felipe López González**

**El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. Noviembre 2018**

## DEDICATORIAS

- A mis padres: Ma. Félix y Pablo por soportarme; brindarme la oportunidad de recibir una educación a lo largo de mi vida, por sus consejos, por su apoyo incondicional y por formar parte de mi vida.
- A mis hermanos: Ma. Del Carmen y Rigoberto, por cada uno de sus sacrificios y por todo el apoyo para que yo pudiera seguir adelante con mis estudios.
- A mis cuñados: Nancy y Arturo, por su apoyo brindado hacia mí, y por su paciencia para con mis hermanos durante este tiempo.
- A todos mis amigos, por su motivación hacia mí y alentarme a ser mejor.
- A mi Equipo de Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala, por el tiempo, experiencias y conocimientos compartidos.
- A todos los profesores y personas que a lo largo de mi vida aportaron para mi formación hasta el día de hoy.

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar en dos experimentos avena negra (*Avena strigosa*), ya sea como pastoreo del rebrote después de cortarla para ensilar y como ensilado del primer corte en estación seca, para el ordeño de vacas en sistemas lecheros en pequeña escala. Los tratamientos en el Experimento 1 fueron el pastoreo restringido de las vacas durante 8 h d<sup>-1</sup> de rebrote de avena negra (ANS), avena negra asociada con trébol rojo (*Trifolium pratense* cv. Kenland) (ANT) y una pradera multi-especie (PME) de ballico perenne (*Lolium perenne* cv. Bargala y cv. Payday, *Festulolium* (*Lolium perenne*/L. *moltiflorum* X *Festuca pratense*) cv. Spring Green y trébol blanco (*Trifolium repens* cv. Ladino). En el Experimento 2 se evaluó la inclusión de 2.5 (T1), 5.0 (T2) y 7.5 (T3) kg MS vaca<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de ensilado de avena negra (EA). En ambos experimentos se utilizaron nueve vacas organizadas en grupos de tres y se asignaron aleatoriamente a los tratamientos bajo un diseño experimental de cuadro latino 3 x 3 repetido tres veces. Las vacas también recibieron 4.6 kg MS vaca<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de concentrado comercial. No existieron diferencias estadísticamente significativas para las variables evaluadas en los animales con rendimientos medios de leche de 10.8 y 15.2 kg vaca<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> y 37.7 y 30.0 g kg<sup>-1</sup> de grasa láctea, 31.1 y 32.5 g kg<sup>-1</sup> proteína en leche, 512.3 y 482.2 kg de peso vivo y, 2.6 y 2.5 de puntaje para condición corporal, para el Experimento 1 y 2 respectivamente.

El pastoreo de avena negra es una opción equivalente al pastoreo de una pradera de multi-especie con pastos de clima templado en época de estiaje (Experimento 1) y el rendimiento de vacas lecheras es independiente de la cantidad de ensilado de avena negra suministrado durante la temporada seca a las vacas en pastoreo restringido (Experimento 2). Avena negra es un recurso forrajero versátil para sistemas lecheros en pequeña escala, tanto para pastoreo como para ensilado.

**Palabras clave:** forrajes alternativos, avena negra, lechería familiar, pastoreo, rebrote, ensilado

## SUMMARY

The objective was to evaluate black oat (*Avena strigosa*) either grazing regrowth after cutting for silage, or as first-cut silage in the dry season, for milking cows in small-scale dairy systems in two experiments. Treatments in Experiment 1 were restricted grazing for 8 h d<sup>-1</sup> of black oat regrowth (BKO), black oat associated with red clover (*Trifolium pretense* cv. Kenland) (BKC) or a multi-species pasture (MSP) of perennial ryegrass (*Lolium perenne* cv. Bargala and cv. Payday, Festulolium (*Lolium perenne/L. multiflorum X Festuca pratense*) cv. Spring Green and white clover (*Trifolium repens* cv. Ladino). Experiment 2 evaluated the inclusion of 2.5 (T1), 5.0 (T2) or 7.5 (T3) kg DM cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> of black oat silage. Both experiments were with nine cows organized in groups of three randomly allotted to treatment sequence in a 3x3 Latin Square design replicated three times. Cows also received 4.6 kg DM d<sup>-1</sup> of commercial concentrate. There were no differences in animal variables with mean milk yields of 10.8 and 15.2 kg cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, 37.7 and 30.0 g kg<sup>-1</sup> milkfat, 31.1 and 32.5 g kg<sup>-1</sup> milk protein, 512.3 and 482.2 kg live weight, and 2.6 and 2.5 body condition score, for Experiment 1 and 2 respectively.

Grazing black oat regrowths is an option equivalent to grazing multispecies temperate pastures (Experiment 1), and the performance of milking cows is independent of the amount of black oat silage supplied during the dry season to cows under restricted grazing (Experiment 2). Black oat is a versatile forage resource for small-scale dairy systems both for grazing and as silage.

**Key words:** alternative forages, black oat, family dairying, grazing, regrowth, silage

## AGRADECIMIENTOS

- Al Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) por brindarme su valioso espacio para la realización de mis estudios de posgrado.
- Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo como becario para el proyecto “Adaptación al Cambio Climático de las Estrategias de Alimentación del Ganado en Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala en el Noroeste del Estado de México”, con clave UAEM 3676/2014 CIA, del que se desprende este trabajo.
- Dr. Carlos Manuel Arriaga Jordán, por todas las oportunidades que me ha brindado para crecer como persona y de forma académica; muchas gracias por todo Carlos.
- Dr. Felipe López González por todo su apoyo y paciencia recibida durante la realización de este trabajo; en campo y en el ICAR.
- Dra. Julieta Gertrudis Estrada Flores por su ayuda brindada durante la realización de este trabajo.
- A las T.L. María de Lourdes Maya Salazar y Laura Edith Contreras Martínez por su incondicional apoyo y paciencia durante el trabajo de laboratorio.
- A todos y cada uno de mis amigos y compañeros del Equipo de Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala, por el apoyo durante la realización de este trabajo.

- A los productores que me apoyaron durante el experimento: Héctor, Heriberto, José Hugo e Ignacio, por su gran hospitalidad, por todas sus atenciones y por permitirnos hacer posible el trabajo en sus unidades de producción.
  
- Al Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM) por permitirme hacer mi estancia académica en sus instalaciones.
  
- Al Dr. Gonzalo Flores Calvete, quien aceptó recibirme y guiarme en el transcurso de mi estancia académica en el CIAM, y a todas las personas que me apoyaron dentro y fuera del equipo de Pastos y Cultivos en el CIAM: Dr. Juan Castro, Dr. Juan Valladares, Dr. Cesar, Adrián, Marcos, Valentín, Sonia, Martín y Laura; gracias por todo.

## **CONTENIDO**

I.	INTRODUCCIÓN GENERAL.....	12
II.	REVISIÓN DE LITERATURA .....	16
	2.1. Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala .....	16
	2.2. Forrajes.....	18
	2.3. Calidad de los forrajes.....	19
	2.4. Avena ( <i>Avena sativa</i> ).....	19
	2.5. Utilización de avena como alimentación para el ganado .....	21
	2.6. <i>Avena strigosa</i> cv. Saia .....	22
	2.6.1. Uso como pastoreo .....	23
	2.6.2. Uso como ensilado .....	24
III.	JUSTIFICACIÓN .....	27
IV.	HIPÓTESIS .....	29
V.	OBJETIVOS .....	30
	5.1. Objetivo general .....	30
	5.2. Objetivos específicos .....	30
VI.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
	6.1. Localización del sitio experimental .....	33
	6.2. Establecimiento de las praderas .....	33
	6.2.1. Pradera multi-especie .....	33
	6.2.2. Praderas de rebrote de <i>Avena strigosa</i> cv. Saia.....	34
	6.3. Desarrollo del experimento.....	35
	6.4. Evaluación de variables de las praderas.....	36

6.4.1. Acumulación Neta de Forraje (ANF).....	36
6.4.2. Altura de la pradera .....	37
6.4.3. Composición química de las praderas .....	37
6.5. Evaluación de variables de las vacas .....	38
6.5.1. Rendimiento de leche .....	38
6.5.2. Composición fisicoquímica de la leche.....	38
6.5.3. Condición corporal.....	39
6.5.4. Peso vivo .....	39
6.6. Diseño experimental y análisis estadístico.....	39
6.6.1. Variables animales .....	39
6.6.2. Variables de forraje .....	40
6.7. Análisis económico.....	40
VII. RESULTADOS.....	41
7.1 Comunicación aceptada y publicada.....	41
7.2 Artículo enviado.....	63
7.3. Informe de actividades: Estancia Académica en el Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM).....	96
VIII. CONCLUSIONES GENERALES.....	105
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	106
X. ANEXOS .....	118
10.1. Datos pre-experimentales de las vacas.....	118
10.1.1. Datos pre-experimentales de las vacas del Experimento 1 .....	118
10.1.2. Datos pre-experimentales de las vacas del Experimento 2 .....	119

10.2. Promedio de variables medidas de producción de forraje por tratamiento y periodo .....	120
10.2.1. Disponibilidad de forraje en las praderas del Experimento 1 .....	120
10.2.2. Disponibilidad de forraje en las praderas del Experimento 2 .....	121
10.3. Composición bromatológica (g kg <sup>-1</sup> MS) y estimación de Energía Metabolizable (MJ kg <sup>-1</sup> MS) .....	122
10.3.1. Composición química del forraje en el Experimento 1 .....	122
10.3.2. Composición química del forraje en el Experimento 2 .....	123
10.4. Variables medidas en las vacas .....	124
10.4.1. Variables de las vacas en el Experimento 1 .....	124
10.4.2. Variables de las vacas en el Experimento 2 .....	126
10.5. Variables medidas en la leche de las vacas .....	128
10.5.1. Composición fisicoquímica de la leche en el Experimento 1 .....	128
10.5.2. Composición fisicoquímica de la leche en el Experimento 2 .....	130

## LISTA DE CUADROS Y TABLAS

### CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la avena.....21

### ARTÍCULO

Table 1. Net herbage accumulation (NHA) and height (cm) in Experiments 1 and 2.....88

Table 2. Chemical composition of feeds.....90

Table 3. Animal variables.....92

Table 4. Feed intake (kg DM cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>).....94

Table 5. Feeding costs and returns in Experiments 1 and 2 (USD\$).....95

## I. INTRODUCCIÓN GENERAL

Toda actividad que los animales realizan, necesita una transacción de energía; esta es la base para el funcionamiento de todo organismo: permite llevar a cabo las reacciones que dan lugar al metabolismo. La energía se transfiere de una parte del sistema a otra, aunque estas partes del sistema sean tan pequeñas como moléculas que reaccionan. Las plantas la obtienen directamente del sol (organismos autótrofos) pero los animales deben conseguirla de forma ya elaborada (organismos heterótrofos); siendo así estos últimos los que obtienen combustibles al captar las moléculas orgánicas del alimento; que son degradadas por la digestión y el metabolismo, gracias a los cuales la energía química de sus estructuras moleculares se puede utilizar para las necesidades energéticas del organismo (Eckert *et al.*, 1994; OCEANO, 2005).

Los rumiantes mantienen una posición estratégica con relación al hombre ya que consumen la energía en forma de material vegetal a partir de alimentos fibrosos y fuentes de nitrógeno no proteicas evitando una competición parcial con la especie humana en este aspecto (Flores-Calvete *et al.*, 2003). Requieren de necesidades muy particulares de energía, proteína y minerales, aunque existe un segundo grupo de necesidades: los microbios del rumen; estos son responsables de la descomposición de los componentes estructurales de la materia vegetal y producen la mayoría de la proteína microbiana absorbida en el intestino delgado. Cuando el rumen dispone de los microorganismos en forma ideal, por consiguiente, puede funcionar de manera óptima y así realizar el mejor uso de los alimentos ofrecidos,

especialmente de la fracción contenida en la membrana celular de los forrajes (Chamberlain y Wilkinson, 2002).

Un alimento puede ser definido como cualquier componente de la ración que provee nutrientes; la mayoría proporcionan uno o varios (Parsi *et al.*, 2001). En el Estado de México, el modelo familiar o de traspatio de lechería se compone de ganaderías formadas hace aproximadamente 100 años y que se complementan con la actividad agrícola para la producción de forrajes; en este modelo de producción el alimento para el ganado se basa en esquilmos agrícolas, maíz molido, concentrado y pastoreo natural (Martínez-Borrego, 2009). Se trata de explotaciones que combinan los recursos provenientes de superficies de riego y de temporal, aprovechan cultivos de secano y de cosechas que son complementados con concentrados locales (Martínez-García *et al.*, 2015).

En los sistemas de producción de leche en pequeña escala, los sistemas de cultivo tienen muchas características que contribuyen al desarrollo rural sustentable, aumentando el nivel nutricional, la productividad agrícola, mejora los sustentos de la población rural y contribuye al crecimiento de la economía mundial y por tanto se consideran un importante elemento para reducir la pobreza y el hambre (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007). Los SPLPE han tomado ventaja del capital humano proporcionado por la mano de obra familiar de una forma eficaz manejando intensivamente la agricultura a nivel de granja (Posadas-Domínguez *et al.*, 2014). En este tipo de sistemas donde la base de la alimentación para los animales es el pastoreo, los costos de producción bajan considerablemente, sin embargo, el crecimiento y la calidad de pastos no es consistente durante todo el año, particularmente en invierno, por lo que el

productor hace uso de forrajes alternativos como el pastoreo, ensilado o henificado de plantas resistentes a tal época (Albarrán *et al.*, 2012; Restelatto *et al.*, 2014; Mwendía *et al.*, 2017). La producción de forraje durante todo el año se considera la mejor manera de mejorar la eficiencia y rentabilidad de los sistemas de producción ya que la inclusión de estos forrajes a la dieta permitiría la producción durante todo al año de la leche con costos mínimos.

Para poder ofertar forraje en los meses críticos para los productores (temporada invernal) se requiere de contar con este, es decir, optar por plantas alternativas que son resistentes a esta época y que el productor tenga acceso para cultivar; en este caso la avena negra (*Avena strigosa*) representa una excelente alternativa para la alimentación del ganado (Restelatto *et al.*, 2014). Este cereal juega un papel importante en la producción animal por su diversidad de usos: es usada como forraje verde, su cultivo se usa como acompañante en el establecimiento de gramíneas y leguminosas, también actúa como cultivo de cobertura, se puede ensilar, se puede henificar, su paja se utiliza como alimento grosero para el ganado o para las camas de este, y además forma parte de raciones en forma de grano; la forma de utilización dependerá de las condiciones climáticas y la necesidad de cada sistema (Beratto-Medina *et al.*, 2000).

En caso de que no sean viables los cultivos de invierno se pueden elegir otra estrategia: los métodos de conservación. Esta opción se basa en la utilización (en la temporada invernal) del excedente forrajero producido en la temporada de lluvias, esto utilizando un método de conservación del forraje; dentro de estas formas de conservación, la que tiene menores pérdidas nutricionales es el ensilado. Esta técnica permite mantener el valor nutritivo (similar

al que tenía al momento de recolección) sin rebajar mucho el contenido de agua (Duthil, 1980); en sus primeros tiempos su uso se limitaba para maíz, aunque ahora se usa mucho para almacenar y conservar forrajes de gramíneas y leguminosas.

En este tenor, y dado que avena negra es un cereal de buena calidad y tiene características de macollar y rebrotar, el objetivo de este trabajo fue evaluarla de dos formas: pastoreo del rebrote después de cortarla para ensilar y como ensilado en diferentes niveles de inclusión.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala

La producción de leche en México se realiza en tres principales sistemas que son: intensivo o gran escala, tropicales y lechería en pequeña escala; en este último se encuentran los sistemas de producción de leche en pequeña escala (SPLPE), los cuales se definen como unidades de producción con pequeñas superficies de tierra donde la venta de leche proporciona ingresos fundamentales para la familia, y que pueden complementarse o no con ingresos generados por otras actividades dentro o fuera de la unidad de producción. Estos sistemas cuentan con un máximo de 35 vacas y un mínimo de 3, más sus reemplazos; utilizan mano de obra familiar y se encuentran integrados al mercado como proveedores (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007). De acuerdo con Martínez-García *et al.* (2015), la FAO considera que estos sistemas a pequeña escala deberían tener prioridad por el orden público ya que cumplen diversas funciones para con la sociedad como proporcionar ingresos y empleo, amortiguan la pobreza y reducen la inseguridad en áreas rurales.

Un componente importante de la investigación en los SPLPE es el diseño y evaluación de estrategias de alimentación que lleven a la sustentabilidad de estos sistemas; esta sustentabilidad se basa en el uso correcto de los recursos forrajeros producidos en la propia finca aumentando la eficiencia de producción. Prospero-Bernal *et al.* (2017), menciona que para que toda actividad pueda ser sustentable debe de cumplir tres principios: debe ser ecológicamente sana, socialmente justa y económicamente viable; con base en esto se ha

integrado la sustentabilidad como base de todo desarrollo y es por eso que todos los sistemas de producción actualmente giran en torno a estos mandatos.

Aunque no es la única, la limitante más trascendental de estos sistemas es la escala económica de la sustentabilidad (Fadul-Pacheco *et al.*, 2013); por los altos costos de producción y la baja eficiencia, y ya que el mayor costo en el funcionamiento de los SPLPE es el que representa la alimentación de los animales con un 55-70 % de los costos (Mwendia *et al.*, 2017), se requiere de la administración de alimentos de buena calidad y con el menor costo posible.

Los SPLPE tienen una gran importancia en el sector lechero nacional ya que además de ser una fuente de empleo e ingresos para las familias; estos sistemas aportan el 37 % de la producción lechera nacional (Fadul-Pacheco *et al.*, 2013). Estos sistemas se desarrollan bajo condiciones agroecológicas muy diversas lo que lleva a diversificar las prácticas de su manejo. Sus fincas generalmente tienen superficies menores a 10 ha y su principal fuerza de trabajo es la familiar (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007); debido al acceso a riego en la época de estiaje, desde 1970 se introdujeron a estos sistemas praderas con *Lolium* spp. y *Trifolium* spp. La sustentabilidad de estos sistemas se basa en el uso correcto de los recursos forrajeros producidos en la propia finca aumentando la eficiencia de producción antes mencionada además de que las condiciones agroclimáticas ofrecen una diversidad local tanto para especies perenes como anuales (Prospero-Bernal *et al.*, 2017).

El conocimiento de la temperatura, precipitación pluvial y fertilidad del suelo, son elementos a considerar para establecer y utilizar una pradera. La producción de leche en la región central

de México se basa en pastoreo rotacional de praderas compuestas por mezclas de gramíneas como *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata* y *Festuca arundinacea*; y leguminosas como *Trifolium repens* y *Medicago sativa*. De esta forma resulta muy importante conocer el patrón de producción forrajera para tomar las decisiones correctas al planificar la alimentación del ganado (Lemus-Ramírez *et al.*, 2002).

## **2.2. Forrajes**

Se le llama forraje a todo aquel producto de origen vegetal que tiene bajo peso por unidad de volumen (voluminoso). De acuerdo con Flores-Calvete *et al.* (2003), los forrajes constituyen la forma más baratas para la alimentación de los rumiantes y el conocimiento de la composición es una condición necesaria para la utilización eficiente en la alimentación animal, preparando así dietas mejor equilibradas y poder obtener altos niveles de producción animal, sin olvidar los requerimientos del mercado y consumidores en general, orientados a la calidad del producto y preferencia hacia sistemas de producción no agresivos con el medio ambiente.

La mayoría de los forrajes tienen altos valores de fibra cruda (FC), más de 18 % del total; el contenido proteico, mineral y vitamínico es variable entre especies, y de forma general, la calidad puede abarcar un rango amplio; una alta calidad se puede obtener de gramíneas y leguminosas jóvenes, y ensilados; en su contraparte se encuentran las pajas con un escaso valor nutricional (Parsi *et al.*, 2001).

### **2.3. Calidad de los forrajes**

Aunque hoy en día no exista aun una terminología definida para hablar sobre el tema (se pueden usar calidad de forrajes, calidad forrajera, calidad nutritiva o composición nutritiva, entre otras), se ha llegado al acuerdo en que el principal parámetro que define la calidad de los forrajes es la digestibilidad de la materia. Se puede definir a un forraje de alta calidad cuando presenta valores aproximadamente entre los 700g kg<sup>-1</sup> de digestibilidad in vitro de materia seca (DIVMS), menos de 500 g kg<sup>-1</sup> de fibra detergente neutro (FDN), y más de 150 g kg<sup>-1</sup> de proteína cruda (PC); en cambio se considera que el forraje es de baja calidad nutricional cuando este contiene valores de menos de 500 g kg<sup>-1</sup> de DIVMS, más de 650 g kg<sup>-1</sup> de FDN y de PC menos de 80 g kg<sup>-1</sup>; todo lo anterior en base seca (Di Marco, 2011).

Por otra parte, Giraldo *et al.* (2007), mencionan que la calidad nutritiva de los forrajes se puede determinar por el nivel de consumo, la digestibilidad, el contenido de nutrientes y la eficiencia en que pueden ser metabolizados y utilizados por los animales durante el proceso digestivo.

### **2.4. Avena (*Avena sativa*)**

La avena (*Avena sativa*) es un cereal; gramínea de sistema radicular, de enorme importancia económica ya que representa una de las principales fuentes de alimentación junto con el trigo (*Triticum*), el centeno (*Secale cereale*), el maíz (*Zea mays*), y la cebada (*Hordeum vulgare*) (OCEANO, 2005). No se conoce con certeza el origen de esta planta, aunque se sospecha que tuvo origen en Asia menor y que de esta región se extendió hasta Europa y otras regiones favorables; se piensa que los granos más antiguos de avena fueron hallados en Egipto en el

año 2000 a. C., y fue identificada originalmente como *A. strigosa*. Es una planta anual con hojas planas y alargadas de color verde oscuro o azulado que alcanzan alrededor de 25 cm; su tallo es una caña herbácea y erguida, gruesa con nudos y entrenudos, con poca resistencia al vuelco (tiene un buen valor forrajero), estos varían con 0.32 a 0.64 cm de diámetro; la planta crece de 0.6 a 1.5 m (Robles-Sánchez, 1976, Guerrero-García, 1999).

Puede adaptarse a varios climas (semi-cálidos y fríos) ya que se cultiva a una altura de 0 a 3000 msnm; en regiones donde las bajas temperaturas son un factor limitante se pueden emplear variedades invernales (con mayor resistencia al frío), una temperatura de 10 a 12 °C permite un continuo crecimiento de la planta; este crecimiento cesa cuando la temperatura llega a 4.4 °C. La avena es exigente con la humedad del suelo, de hecho, es el cereal que consume más agua (para producir un kg de MS) de todos los cereales. Se desarrolla bien en suelos muy variados, el pH varía de 5 a 7 para su cultivo, aunque es muy sensible a la salinidad del suelo. Para la Meseta Central de México, se recomienda su siembra del primero de mayo al 15 de junio, esto de acuerdo con la temporada de lluvias; en cambio para los Valles altos de Toluca, las recomendaciones van del 15 al 31 de mayo. La población por unidad de superficie está de acuerdo con cada región agrícola y la variedad para producir el máximo de MS. La fertilización puede hacerse antes, al momento o posterior a la siembra (Robles-Sánchez, 1976).

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la avena (Robles-Sánchez, 1976).

---

<b>Reino</b>	<b>Vegetal</b>
<b>División</b>	<b>Tracheophita</b>
<b>Sub-división</b>	<b>Pteropsida</b>
<b>Clase</b>	<b>Angiosperma</b>
<b>Sub-clase</b>	<b>Monocotiledónea</b>
<b>Orden</b>	<b>Graminales</b>
<b>Familia</b>	<b>Gramineae</b>
<b>Tribu</b>	<b>Aveneae</b>
<b>Género</b>	<b>Avena</b>

---

## **2.5. Utilización de avena como alimentación para el ganado**

Esta planta, es importante en el campo de producción animal ya que es utilizada como forraje de buena calidad o acompañante en el establecimiento de praderas para la alimentación del ganado en forma de pastoreo, heno o ensilado y constituye parte de las raciones en forma de grano (Beratto-Medina *et al.*, 2000; Ramírez-Ordóñez *et al.*, 2013). En México es un cultivo con amplia adaptación (prospera en zonas frías, templadas, áridas y semi cálidas), esta característica la vuelve el tercer cultivo de mayor importancia económica, ideal para las siembras tardías cuando ya no se recomienda el maíz (Sánchez-Gutiérrez *et al.*, 2014).

En el país la superficie de siembra destinada a este cereal en riego y secano se incrementó más del triple en los años de 1990 a 2011, es importante señalar que en el 2011 más del 98 % de la superficie sembrada con este cereal se dedicó exclusivamente a las condiciones de

temporal equivalente a 885 728 ha de las cuales el 93.7 % se destinaron para forraje y el 6.3 % para grano. Las condiciones de precipitación pluvial para este cultivo son de 400 a 500 mm, aunque se puede establecer en regiones donde la precipitación va de 250 a 770 mm, representando una opción para la ganadería como suplemento en época de sequía (Ramírez-Ordóñez *et al.*, 2013; Sánchez Gutiérrez *et al.*, 2014).

El potencial de esta planta varía de acuerdo con la especie que se utilice, la fertilidad del suelo, disponibilidad de agua, tiempo de siembra y etapa de corte ya que dependiendo del estado de madurez en que se encuentra la planta, de esta se puede obtener gran variación en su rendimiento forrajero y valores nutritivos. Por ende, si la intención del productor es obtener un forraje con alto valor proteico y con poca fibra se recomienda el corte en estado vegetativo, en esta etapa las características nutricionales del forraje (digestibilidad *in vitro*, energía neta y valor de FDN) se consideran de buena calidad; en contraparte los mayores rendimientos de materia seca (MS) bajos en proteína se han obtenido en las cosechas de estado de grano avanzado (Luciane-Moreira *et al.*, 2007; Sánchez Gutiérrez *et al.*, 2014).

Durante el invierno las praderas disminuyen sustancialmente la producción de forraje debido a la disminución de la temperatura; es en este periodo donde la avena juega un papel muy importante ya que es capaz de producir en poco tiempo una cantidad considerable de forraje verde (Beratto-Medina *et al.*, 2000).

## **2.6. *Avena strigosa* cv. Saia**

La *Avena strigosa* (avena negra, avena chica, avena de arena, avena de cerdas negras) es una planta que crece de una forma erguida, de gran altura, tiene un desarrollo uniforme y rápido,

tiene bajo rendimiento de grano y alta producción de forraje, de regular resistencia a la tendadura, resistencia a la oxidación; capaz de tolerar variaciones en la densidad de plantas dentro de la superficie gracias a su capacidad para macollar y el rendimiento de grano, el grano es pequeño y de color negro, la planta tiene un alto valor nutricional y buena digestibilidad; además de su versatilidad de uso este cultivar es el único que reúne las características forrajeras, siendo considerada una gran alternativa para la alimentación del ganado en las épocas de otoño e invierno (Beratto-Medina *et al.*, 2000; Macari *et al.*, 2006; Debiasi *et al.*, 2007; Dial, 2014; Restelatto *et al.* 2014). La avena negra nace mejor en suelos arenosos, pero también puede crecer en suelos arcillosos con bajo valor nutritivo, no es muy tolerable a la sombra, pero sí a la sequía (Dial, 2014).

De acuerdo con Salgado *et al.* (2013), el forraje verde, heno y/o ensilado de esta planta representa una alternativa para mantener disponible hierba de calidad durante el invierno y mejorar la producción de rumiantes en zonas agroecológicas de altitud elevada ya que *Avena strigosa* tiene potencial para mejorar la cantidad y calidad de las raciones disponibles en esta estación.

### **2.6.1. Uso como pastoreo**

En general el forraje invernal a base de avena es un excelente recurso proteico, aunque el contenido de MS puede ser bajo. Por esta razón se recomienda su uso en pastoreo por poco tiempo de manera que el pastoreo represente un forraje suplementario con aporte proteico y el resto de requerimiento de MS y energía sea aportado por otros alimentos. Durante el invierno la avena es utilizada en forma de soiling o pastoreo como fuente proteica de alta

digestión en sistemas de producción lecheros (en pastoreo se recomienda utilizar cerco eléctrico como medida de mejorar la eficiencia de utilización); este soiling o pastoreo se realiza cuando la altura de la planta alcanza los 22 cm, dejando un residuo de 7 (necesaria para el rebrote), cabe señalar que el soiling tiene la ventaja de dejar uniforme la parcela y por ende la recuperación del rebrote es viable (Beratto-Medina *et al.*, 2000).

### **2.6.2. Uso como ensilado**

Uno de los principales problemas a enfrentar, tanto para el agricultor como el ganadero es el aprovisionamiento de alimentos en invierno para con los animales (Robles-Sánchez, 1976); esta baja disponibilidad de forraje en la estación seca se da ya que el crecimiento del forraje se reduce durante esta época (Albarrán *et al.*, 2012).

Durante los periodos de escasez de hierba en los sistemas de ganado lechero, una práctica común a la que recurren los productores es la utilización de alimentos suplementarios en forma de alimento concentrado y/o ensilado. La práctica de ensilaje combina la ventaja de pasto de corte eliminando la desventaja del trabajo diario del acarreo, ligando además el uso del forraje cosechado cuando ese es más abundante y usándolo en época de sequía. Cabe señalar que el ensilado producido no puede ser de mejor calidad que el forraje que se usó. Casi todos los cultivos pueden ser ensilados, pero es importante recordar que la composición de las plantas que se usan afectan directamente la calidad del ensilado que se produce (Robles-Sánchez, 1976).

La respuesta del forraje conservado de esta forma como complemento, no depende únicamente de los valores nutritivos del mismo, sino que también de la disponibilidad de hierba en pastoreo y de los valores nutritivos del forraje pastado. (Ruiz-Albarrán *et al.*, 2015).

La avena sola o en asociación con alguna leguminosa es un recurso muy importante como materia en la elaboración de ensilajes debido al alto contenido de MS que puede ofrecer en un corto periodo, en invierno y sin necesidad de riego. La avena que se piensa utilizar para ensilaje se siembra desde el 15 de junio al 15 de julio en seco, a una dosis de siembra que va de 160 a 180 kg ha<sup>-1</sup> si se utilizará sola; en caso de su asociación se recomienda una dosis de 80 a 120 kg ha<sup>-1</sup>. Esta alternativa puede representar un forraje de alta calidad, si se cosecha en emisión de panoja ya que en esta etapa el contenido de proteína será de 180 g kg<sup>-1</sup> MS y presentará nutrientes digestibles de 660 g kg<sup>-1</sup> MS. El momento del corte requiere equilibrio entre el rendimiento y la calidad del forraje ya que un corte temprano representa mayor calidad mientras que uno tardío más rendimiento (Beratto-Medina *et al.*, 2000).

#### *2.6.2.1. Uso asociado*

Como menciona Ergón *et al.* (2016), las mezclas en pastizales entre especies con frecuencia tienen rendimientos más altos de lo que pasaría de forma individual. Debido a la capacidad de fijación del N por las rizobacterias, las leguminosas asociadas a gramíneas representan una gran opción para los agricultores proporcionando beneficios ambientales y económicos. Estas mezclas también combaten las malezas, limitan la propagación de plagas y patógenos.

Esta práctica permite que la parcela se complemente en términos de producción y calidad de forraje ya que las leguminosas se caracterizan por un alto contenido de proteína y bajo

contenido de carbohidratos solubles. La avena como cultivo asociado permite ofrecer volumen y calidad. En caso de que el cereal se ensile, esta práctica también permite aumentar los carbohidratos requeridos para una buena fermentación; las leguminosas que mejoran la calidad del ensilaje de avena son: vicia, arveja y los trébol: rosado, alejandrino y encarnado (Beratto-Medina *et al.*, 2000).

### III. JUSTIFICACIÓN

En los sistemas de producción, durante los meses de invierno las bajas temperaturas detienen el crecimiento de la mayoría de las especies de gramíneas que conforman las praderas, originando un periodo de escasez forrajero, siendo necesario buscar alternativas en la alimentación de los animales con plantas que se adapten en tales épocas, amortiguando estos periodos críticos para los productores. Dentro de los cereales la avena es la especie más sembrada en invierno; su forma de utilización está marcada por las condiciones climáticas y por cada sistema productivo. Las variedades de invierno utilizadas comúnmente son la *Avena strigosa*, blanca y negra, mostrando características positivas en cuanto rendimiento de MS, composición química y precocidad; así como su aptitud para pastoreo dada su fuente proteica de alta digestibilidad en producción de carne y especialmente en producción de leche (Beratto-Medina *et al.*, 2000). De acuerdo con Restelatto *et al.* (2014), los sistemas de producción lecheros que manejan el pastoreo de las vacas durante todo el año tienen costos de producción bajos pero el problema es que el crecimiento y calidad de las gramíneas no se mantiene estable durante todo el año, disminuyendo durante el invierno y forzando el uso de alimentos complementarios aumentando así el costo de producción. Como lo menciona Salgado *et al.* (2010), una buena distribución de forraje a lo largo del año permitiría un aumento en la producción de leche y una disminución en los costos de producción. Hoy en día los productores a pequeña escala requieren reducir costos en sus sistemas de producción; ya que el mayor costo en el funcionamiento de sus sistemas es el que representa la alimentación de los animales, se requiere de la administración de alimentos de buena calidad y con el menor costo posible. Una alternativa para la alimentación durante el invierno es la

inclusión de forrajes resistentes al clima durante esta época; siendo una opción el cultivo de *Avena strigosa*.

## IV. HIPÓTESIS

Hipótesis general:

El uso de *Avena strigosa* cv. Saia como estrategia de alimentación para vacas lecheras en época de estiaje es viable para con los Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala usada tanto en pastoreo como en ensilado.

Hipótesis específicas:

- No existe efecto en la respuesta productiva de vacas lecheras que pastorean tres praderas diferentes durante 8 h d<sup>-1</sup>: rebrote de avena negra sola (ANS), rebrote de avena negra asociada con trébol rojo (ANT) y una pradera de pastos de clima templado asociados con trébol blanco PME).
- No existe efecto en la respuesta productiva a la inclusión de 2.5 (T1), 5.0 (T2) y 7.5 (T3) kg vaca<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de ensilado de avena negra para vacas lecheras que pastorean una pradera multi-especie compuesta por pastos de clima templado asociados con trébol blanco durante 8 h d<sup>-1</sup>.

## V. OBJETIVOS

### 5.1. Objetivo general

Evaluar el desempeño de *Avena strigosa* cv. Saia como alternativa a la alimentación de vacas lecheras: en forma de pastoreo y como ensilado.

- Evaluar la respuesta productiva de vacas lecheras pastoreando durante 8 h d<sup>-1</sup> praderas de: rebrote de avena negra (*Avena strigosa*) sola, rebrote de avena negra (*Avena strigosa*) asociada con trébol rojo (*Trifolium pratense* cv. Kenland) y pastoreo de una pradera multi-especie compuesta por: *Lolium perenne* cv. Bargala, cv. Payday, Festulolium (*Lolium perenne*/L. *multiflorum* X *Festuca pratense* cv. Spring Green y *Trifolium repens* cv. Ladino.
- Evaluar la respuesta productiva de vacas lecheras sometidas a la inclusión de ensilado de avena en diferentes niveles de suplementación (2.5, 5.0 y 7.5 kg MS vaca<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) y pastoreando durante 8 h d<sup>-1</sup> una pradera multi-especie compuesta por *Lolium perenne* cv. Bargala, cv. Payday, Festulolium (*Lolium perenne*/L. *multiflorum* X *Festuca pratense*) cv. Spring Green y *Trifolium repens* cv. Ladino.

### 5.2. Objetivos específicos

Evaluar la producción de leche, peso vivo y condición corporal de vacas lecheras:

- Bajo el pastoreo durante 8 h d<sup>-1</sup> de tres praderas: rebrote de avena negra sola (*Avena strigosa*) y rebrote de avena negra (*Avena strigosa*) asociada con trébol rojo (*Trifolium pratense* cv. Kenland), y una pradera multi-especie compuesta por *Lolium*

*perenne* cv. Bargala, cv. Payday, Festulolium (*Lolium perenne*/L. *multiflorum* X *Festuca pratense*) cv. Spring Green y *Trifolium repens* cv. Ladino.

- Bajo la alimentación de diferentes niveles de ensilado de avena negra (*Avena strigosa*): 2.5, 5.0 y 7.5 kg MS vaca<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> como complemento al pastoreo durante 8 h d<sup>-1</sup> de una pradera multi-especie compuesta por *Lolium perenne* cv. Bargala, cv. Payday, Festulolium (*Lolium perenne*/L. *multiflorum* X *Festuca pratense*) cv. Spring Green y *Trifolium repens* cv. Ladino.

Determinar la composición química de la leche, concentración de Nitrógeno Ureico en Leche (NUL), contenido de Grasa (G), contenido de Proteína (P) y contenido de Lactosa (L); producida por vacas:

- Bajo el pastoreo durante 8 h d<sup>-1</sup> de tres praderas: rebrote de avena negra sola (*Avena strigosa*) y rebrote de avena negra (*Avena strigosa*) asociada con trébol rojo (*Trifolium pratense* cv. Kenland), y una pradera multi-especie compuesta por *Lolium perenne* cv. Bargala, cv. Payday, Festulolium (*Lolium perenne*/L. *multiflorum* X *Festuca pratense*) cv. Spring Green y *Trifolium repens* cv. Ladino.
- Bajo la alimentación de diferentes niveles de ensilado de avena negra (*Avena strigosa*): 2.5, 5.0 y 7.5 kg MS vaca<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> como complemento al pastoreo durante 8 h d<sup>-1</sup> de una pradera multi-especie compuesta por *Lolium perenne* cv. Bargala, cv. Payday, Festulolium (*Lolium perenne*/L. *multiflorum* X *Festuca pratense*) cv. Spring Green y *Trifolium repens* cv. Ladino.

Evaluar la Acumulación Neta de Forraje (ANF) y la composición química (MS, MO, FDN, FDA, PC y DIVMS) de tres praderas: rebrote de *Avena strigosa* cv. Saia y rebrote de *Avena strigosa* cv. Saia asociado con trébol rojo (*Trifolium pratense* cv. Kenland), y una pradera multi-especie compuesta por *Lolium perenne* cv. Bargala, cv. Payday, Festulolium (*Lolium perenne/L. multiflorum X Festuca pratense*) cv. Spring Green y *Trifolium repens* cv. Ladino; esta última tanto la superficie que se utilizó en el experimento 1 (1 ha), como en el 2 (2 ha).

Evaluar el rendimiento, pH y composición química (MS, MO, FDN, FDA, PC y DIVMS) de ensilado de avena negra (*Avena strigosa*).

## **VI. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **6.1. Localización del sitio experimental**

El trabajo se llevó a cabo en la comunidad de San Pedro Denxhi, perteneciente al municipio de Aculco de Espinoza (20°10' N 99°48' O; 2470 m.s.n.m), ubicado en el noroeste del Estado de México; en los límites del estado de Querétaro. El municipio tiene una extensión de 465.7 kilómetros (equivalente a una superficie de 46,570 ha), de las cuales el 45 % se destinan a la agricultura, el 20 % es de uso pecuario y el 19 % al uso forestal. La región tiene un clima templado sub-húmedo con una temperatura media de 14 °C con lluvias en verano y una precipitación pluvial de 800 mm; la época de lluvias es de mayo a octubre y la época de secas, de noviembre a mediados de mayo.

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”, en el municipio de Toluca, Estado de México.

### **6.2. Establecimiento de las praderas**

Las praderas utilizadas se sembraron al boleto y en una ubicación similar.

#### **6.2.1. Pradera multi-especie**

Para el experimento 1 (evaluación en forma de pastoreo) se utilizó una pradera establecida en 2015; de 1 ha, la cual fue dividida en tres partes iguales. Asignados al azar, se sembró *Ballico perenne* cv. Bargala, y cv. Payday, y *Festulolium* (*Lolium perenne*/*L. multiflorum* X *Festuca pratense*) cv. Spring Green con una densidad de siembra de 30 kg ha<sup>-1</sup>; asociados

con trébol blanco (*Trifolium repens* cv. Ladino) sembrado a una dosis de 3 kg ha<sup>-1</sup>. La distribución de las variedades sembradas en cada parcela fue de 0.33 ha.

Para el experimento 2 (evaluación en forma de ensilado) también se utilizó una pradera establecida en el 2015; de 2 ha, que también fue dividida en tres partes iguales. Asignados al azar, se sembró *Ballico perenne* cv. Bargala, y cv. Payday, y Festulolim (*Lolium perenne*/L. *moltiflorum* X *Festuca pratense*) cv. Spring Green con una densidad de siembra de 30 kg ha<sup>-1</sup>; asociados con trébol blanco (*Trifolium repens* cv. Ladino) a una dosis de 3 kg ha<sup>-1</sup>.

### **6.2.2. Praderas de rebrote de *Avena strigosa* cv. Saia**

Se sembró una parcela de 2.5 ha con semilla de *Avena strigosa* cv. Saia a una dosis de siembra de 120 kg ha<sup>-1</sup>. El total del terreno fue dividido en dos partes iguales, es decir dos partes de 1.25 ha. Sólo a una se le sembró trébol rojo (*Trifolium pratense* cv. Kenland) un día después de la siembra de avena a una dosis de siembra de 10 kg ha<sup>-1</sup>. Ambas praderas fueron establecidas el 7 de julio de 2016. Las parcelas se fertilizaron con Nitrógeno, Fósforo y Potasio a una dosis de 80, 60 y 40 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Es importante señalar que las praderas se acotaron a una superficie de 1 h para su uso en el experimento del pastoreo del rebrote.

La avena producida se cortó para ensilar el 12 de septiembre del mismo año y posteriormente se fertilizó la pradera para su pastoreo el día 10 de octubre; en esta ocasión sólo con nitrógeno.

### **6.3. Desarrollo del experimento**

Ambos experimentos se desarrollaron bajo el esquema de investigación participativa rural (Conroy, 2005), con cuatro unidades de producción pertenecientes a una familia de cuatro productores a pequeña escala que manejan sus unidades de producción como una sola; las vacas de ambos experimentos se seleccionaron de estas unidades.

#### Experimento 1

Tres tratamientos fueron asignados en un diseño experimental cuadro latino 3 x 3 replicado tres veces, con tres tipos de forraje a pastar: rebrote de avena negra (ANS), rebrote de avena negra asociada con trébol rojo (ANT) y pradera multi-especie (PME). Todas las vacas recibieron 4.6 kg MS d<sup>-1</sup> de concentrado comercial, adicional al alimento proporcionado por la pradera que pastaban de 09:00 a 17:00 h; durante este tiempo las vacas contaban con acceso libre a agua para beber. Nueve vacas Holstein fueron seleccionadas de las cuatro unidades de producción para participar en el experimento. Los valores medios de las vacas antes del experimento fueron de 11.4 kg d<sup>-1</sup>, 501.8 kg y 2.4, para rendimiento de leche (RL), peso vivo (PV) y condición corporal (CC) respectivamente. Las nueve vacas fueron asignadas en tres grupos (cuadros) de tres vacas cada uno, homogenizando los grupos en cuanto a RL, PV y CC, para un diseño de Cuadro Latino 3 x 3, replicado tres veces para controlar la variación de las vacas. Las vacas fueron asignadas al azar a la secuencia de tratamientos (Celis-Alvarez et al., 2016). La duración del experimento fue de 42 días divididos en tres periodos de 14 días cada uno, de los cuales los primeros diez días fueron de adaptación a la dieta y los últimos cuatro para toma de muestras.

## Experimento 2

La inclusión de ensilado de avena negra (EA) en la dieta de las vacas lecheras que salían a pastar durante 8 h d<sup>-1</sup> se evaluó en tres tratamientos. Los tratamientos fueron asignados en un diseño experimental cuadro latino 3 x 3 replicado tres veces, con tres niveles de inclusión del ensilado a la dieta: T1: 2.5 kg MS de EA vaca<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, T2: 5.0 kg MS de EA vaca<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, y T3: 7.5 kg MS de EA vaca<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. Todas las vacas recibieron 4.6 kg MS d<sup>-1</sup> de concentrado comercial, adicional al alimento recibido por parte del ensilado que se brindó y la pradera pastoreada de 09:00 a 17:00 h. Nueve vacas lactantes Holstein fueron asignadas en grupos de tres, homogenizando los grupos en cuanto a RL, PV, y CC. Los valores medios antes del experimento fueron de 13.4 kg d<sup>-1</sup>, 471 kg y 2.5, para RL, PV, y CC respectivamente. La secuencia de tratamientos fue aleatorizada en los cuadros 1 y 3; para el cuadro 2 la secuencia de tratamientos fue en forma de espejo con respecto al cuadro 1 para minimizar efectos residuales. Los grupos fueron asignados a los tratamientos al azar. Las vacas pastorearon 3 ha (Pradera 1 y 2) durante 8 h d<sup>-1</sup> por periodo. Cada periodo experimental fue de 14 días (diez días de adaptación y cuatro para medición de variables).

### **6.4. Evaluación de variables de las praderas**

#### **6.4.1. Acumulación Neta de Forraje (ANF)**

La Acumulación Neta de Forraje (ANF) y la medición de altura de las praderas se realizaron mediante la técnica empleada por Hodgson (1994); es decir, para la ANF se utilizaron seis jaulas de exclusión de 0.25 m<sup>2</sup>, en cada pradera de 1.0 ha, y colocadas al azar el día 0 de cada periodo experimental cortando a ras de suelo con tijeras el forraje fuera de la jaula en un

cuadro de 0.4 x 0.4 m. Al finalizar el periodo (día 14) se retiraron las jaulas de exclusión para cortar la hierba acumulada. A partir de la diferencia del peso del forraje en MS entre el día 0 y 14 de cada periodo experimental se estimó la ANF en kg MS ha<sup>-1</sup>. La altura de la PME se midió al final de cada periodo con un medidor de plato ascendente.

#### **6.4.2. Altura de la pradera**

Para calcular la altura de la pradera se utilizó la técnica de plato ascendente descrita por Hodgson (1994), la cual consiste en un plato de aluminio que se desliza sobre una varilla de aluminio graduada en centímetros (pastómetro). El pastómetro se coloca en la pradera, el plato de aluminio asciende y marca una altura en la varilla. La medición de la altura se registró cada inicio y fin del periodo, tomando 30 registros de altura a lo largo de las praderas, esto se logró utilizando un patrón de zigzag y haciendo un registro cada veinte pasos. Al final de los 30 registros se calcula la media de las mediciones obteniendo la altura promedio de las praderas. En el caso de la pradera de avena, la altura se determinó con una cinta métrica.

#### **6.4.3. Composición química de las praderas**

La composición química se obtuvo de muestras de pradera colectadas al final de cada periodo mediante la técnica de pastoreo simulado, la cual consiste en tomar al azar muestras de forraje en el área de cada pradera, simulando el pastoreo de las vacas. De estas muestras (una por cada pradera) se obtuvo la MS manteniéndolas a 65°C durante 48 h en una estufa; para la determinación de la composición química del forraje, así como para estimar la energía metabolizable (EM) de los alimentos se siguieron los procedimientos empleados por Celis-Alvarez et al. (2016), es decir, las cenizas se determinaron mediante incineración a 550 ° C;

la proteína bruta (PB) se determinó mediante el método de Kjeldahl, la fibra ácido detergente (FAD) y FND mediante el método de micro bolsas y la DIVMS por el método de Ankom Daisy (Ankom 2005). El consumo total del forraje se estimó siguiendo los procedimientos de Hernández-Mendo and Leaver (2006), a partir de la resta de EM estimada (eEM) proporcionada por concentrado comercial, a los requerimientos de EM de las vacas.

## **6.5. Evaluación de variables de las vacas**

### **6.5.1. Rendimiento de leche**

El ordeño de las vacas se realizó manualmente dos veces al día, a las 05:30 y 18:00 h. El rendimiento de leche se registró los cuatro días de medición de cada periodo experimental con una balanza de reloj (capacidad para 20 kg) pesando un contenedor de plástico con la leche producida de cada vaca. De los valores registrados (kg de leche vaca<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> en los cuatro días se obtuvo una media para el análisis de los resultados.

### **6.5.2. Composición fisicoquímica de la leche**

De los contenedores de plástico con que se pesó la leche se colectó una muestra de leche de cada vaca por la mañana y por la tarde. De estas muestras de leche obtenidas en los ordeños (am y pm) se realizó una alícuota por cada uno de los cuatro días de medición; esta alícuota se conformó con la proporción de leche producida en cada ordeño (Vieyra-Alberto *et al.*, 2017). Una sub muestra de la alícuota se destinó para ser analizada por Ekomilk Ultra en las instalaciones del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) y así obtener el contenido de grasa (G), proteína (P) y Lactosa (L) de las muestras.

La determinación de Nitrógeno Ureico en Leche (NUL) se realizó de una sub muestra conservada en congelación obtenida de la alícuota, bajo la técnica descrita por Chaney y Marbach (1962): Método Colorimétrico Enzimático.

### **6.5.3. Condición corporal**

La condición corporal se evaluó visualmente por la misma persona a principio y fin de cada periodo experimental considerando un parámetro de 1 a 5 puntos de acuerdo a la técnica descrita por Wattiaux (2013).

### **6.5.4. Peso vivo**

El peso vivo de las vacas se registró en los últimos días de medición de cada periodo experimental, pesando cada vaca con ayuda de una báscula portátil Gallagher Weighing System<sup>MR</sup> con capacidad de 1000 kg, inmediatamente después del ordeño. Posteriormente se obtuvo la media de estos registros y se calculó el peso vivo de cada vaca por periodo.

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

### **6.6.1. Variables animales**

Las variables de producción animal del experimento fueron analizadas en un cuadro latino 3 x 3 replicado tres veces con el siguiente modelo (Burbano-Muñoz, et al., 2018):

$$Y_{ijkl} = \mu + C_i + V_{j(i)} + P_k + t_l + e_{ijkl}$$

**Donde**

$\mu$  = Media general;

C= Efecto del cuadro i=1, 2, 3;

V = Efecto de la vaca dentro del cuadro  $j = 1, 2, 3$ ;

P = Efecto debido al periodo experimental  $k = 1, 2, 3$ ;

t = Efecto de tratamiento  $l = 1, 2, 3$ ; y

e= Error experimental.

### **6.6.2. Variables de forraje**

Sólo para el Experimento 1 se realizó análisis estadístico de la composición química de las praderas mediante un diseño completamente al azar con el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

**Donde**

$\mu$  = Media general;

T= Efecto del tratamiento

e= Error experimental.

### **6.7. Análisis económico**

El análisis económico de ambos experimentos se realizó mediante la metodología de presupuestos parciales, teniendo en cuenta los costos de alimentación: establecimiento de praderas, la fertilización, el riego, el costo del ensilado (en el caso del Experimento 2) y el alimento concentrado; y los retornos por concepto de la venta de leche (Celis-Alvarez et al., 2016).

## **VII. RESULTADOS**

### **7.1 Comunicación aceptada y publicada**

En la 57° Reunión científica de la Sociedad Española de Pastos 2018.

La contribución fue aceptada para ser publicada en la sección Producción Animal con Base en Pastos, del libro “PASTORALISMO Y VÍAS PECUARIAS CONECTANDO TRADICIÓN E INNOVACIÓN”, ISBN: 978-84-608-7708-0; y para hacer su presentación oral en dicha reunión que se realizó en Teruel, España del 25 al 29 de Julio de 2018.

Vega-García J.I., López-González F., Estrada-Flores J.G., Prospero-Bernal F. y Arriaga-Jordán C.M. (2018). Pastoreo de avena negra para vacas en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el altiplano central de México En: Roig. S. y Barrantes O. (Eds). Pastoralismo y vías pecuarias conectando tradición e innovación. Sociedad Española de Pastos: Teruel, Aragón, España. 111-119.



57ª REUNIÓN CIENTÍFICA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PASTOS  
III CONGRESO NACIONAL DE VÍAS PECUARIAS Y TRASHUMANCIA

TERUEL, 25-29 JUNIO 2018

SONIA ROIG GÓMEZ, en representación del comité organizador de la 57ª Reunión Científica de la Sociedad Española de pastos y el III Congreso Nacional de Vías Pecuarias y Trashumancia,

HACE CONSTAR que la comunicación:

*Pastoreo de avena negra para vacas en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el altiplano central de México.*

De los autores

J.I. Vega-García, F. López-González, J.G. Estrada-Flores, F. Prospero-Bernal, C.M. Arriaga-Jordán

tras una evaluación por pares del comité científico, ha sido admitida para su exposición y debate en el congreso así como para su publicación en las actas de la reunión científica.

Y para que conste y a petición de los interesados, firmo el presente escrito, en Madrid a 26 de abril de dos mil dieciocho,



57ª REUNIÓN CIENTÍFICA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PASTOS  
III CONGRESO NACIONAL DE VÍAS PECUARIAS Y TRASHUMANCIA

TERUEL, 25-29 JUNIO 2018

### **Certificado de comunicación**

El comité organizador de la 57ª Reunión Científica de la Sociedad Española de Pastos y III Congreso Nacional de Vías Pecuarias y Trashumancia certifica que:

**Jesús Israel Vega García**

Ha participado en la 57ª Reunión Científica de la Sociedad de Pastos celebrada en Teruel, del 25 al 29 de junio de 2018, con la siguiente comunicación:

**Pastoreo de avena negra para vacas en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el altiplano central de México**

J.I. Vega, F. López-González, J.G. Estrada, F. Prospero, C.M. Arriaga

Teruel, a 29 de Junio de 2018

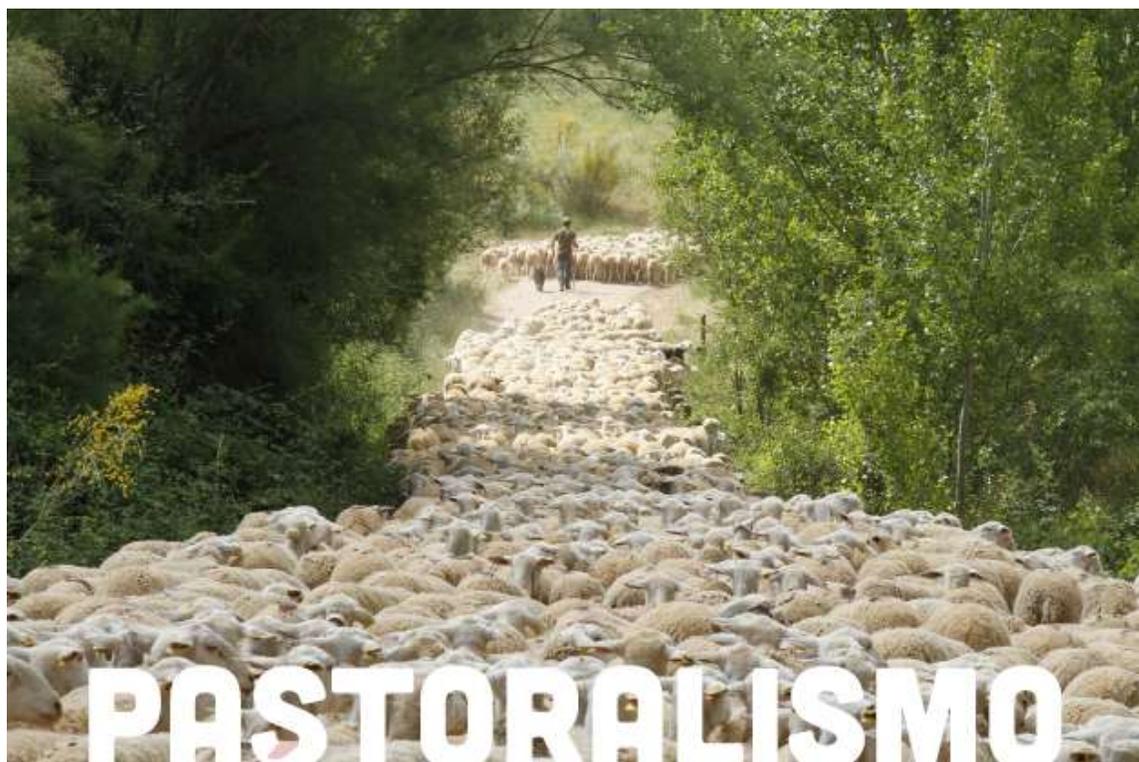
Olivia Barrantes Díaz  
Secretaria del Comité Organizador



Colegio Oficial de Veterinarios de Teruel



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante  
Facultat de Dret  
Facultat de Dret



# PASTORALISMO Y VIAS PECUARIAS

## CONECTANDO TRADICIÓN E INNOVACIÓN

**TERUEL, 25-29 JUNIO 2018**

**57ª REUNIÓN CIENTÍFICA  
DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PASTOS**





# PASTORALISMO Y VÍAS PECUARIAS

CONECTANDO TRADICIÓN E INNOVACIÓN

**TERUEL, 25-29 JUNIO 2018**

**57<sup>º</sup> REUNIÓN CIENTÍFICA  
DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PASTOS**



## ORGANIZAN



## COLABORAN



PUBLICACIÓN PATROCINADA POR



**EDITORAS:**

**S. ROIG Y O. BARRANTES**

**ISBN: 978-84-608-7708-0**



# COMITÉ CIENTÍFICO

## **COMITÉ CIENTÍFICO DE LA 57<sup>a</sup> REUNIÓN CIENTÍFICA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PASTOS Y III CONGRESO NACIONAL DE VÍAS PECUARIAS Y TRASHUMANCIA**

ALBANELL TRULLÀS, ELENA. UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA.  
ALBIZU BEITIA, ISABEL. NEIKER-TECNALIA. DERIO. BIZKAIA.  
BÁEZ BERNAL, MARÍA DOLORES. INGACAL-CIAM. XUNTA DE GALICIA.  
BARTOLOMÉ FILELLA, JORDI. UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA.  
BARRANTES DÍAZ, OLIVIA. UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA.  
BLÁZQUEZ CARRASCO, ÁNGEL. UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA.  
BUSQUÉ MARCOS, JUAN. CIFA-GOBIERNO DE CANTABRIA.  
CANALS TRESSERRAS, ROSA MARÍA. UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA.  
CEBOLLA LOZANO, CONSUELO. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID.  
CHOCARRO GÓMEZ, CRISTINA. UNIVERSITAT DE LLEIDA.  
FANLO DOMÍNGUEZ, ROSARIO. UNIVERSITAT DE LLEIDA.  
FERNÁNDEZ REBOLLO, PILAR. ETSIAM- UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA.  
FLORES CALVETE, GONZALO. INGACAL-CIAM.  
GÓMEZ GARCÍA, DANIEL. IPE-CSIC.  
LEIVA MORALES, MARÍA JOSÉ. UNIVERSIDAD DE SEVILLA.  
LÓPEZ-CARRASCO FERNÁNDEZ, CELIA. JUNTA DE COMUNIDADES DE CASTILLA LA MANCHA.  
LÓPEZ DÍAZ, JULIO ENRIQUE. INGACAL-CIAM. XUNTA DE GALICIA.  
MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, ADELA. SERIDA. ASTURIAS.  
OLIVEIRA PRENDES, JOSÉ ALBERTO. UNIVERSIDAD DE OVIEDO.  
OLLETA CASTAÑER, JOSÉ LUIS. UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA.  
PÉREZ CORONA, ESTHER. UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID.  
POBLACIONES SUÁREZ, MARÍA JOSÉ. UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA.  
RAMO GIL, MARÍA ÁNGELES. UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA.  
RAMOS ANTÓN, JUAN JOSÉ. UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA.  
REINÉ VIÑALES, RAMÓN. UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA.  
ROBLES CRUZ, ANA BELÉN. ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL ZADÍN-CSIC. GRANADA.  
RODRÍGUEZ ROJO, MARÍA DEL PILAR. UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA.  
ROIG GÓMEZ, SONIA. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.  
RODRÍGUEZ-VÁZQUEZ DE ALDANA, BEATRIZ. IRNASA-CSIC. SALAMANCA.  
SAN MIGUEL AYANZ, ALFONSO. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.  
SANTAMARÍA BECERRIL, ÓSCAR. UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA.  
VICENTE MAINAR, FERNANDO. SERIDA. ASTURIAS.



# ÍNDICE

## SECCIÓN

### PRODUCCIÓN ANIMAL CON BASE EN PASTOS

- 11 Ponencia sesión Producción Animal  
*Evaluación de la sostenibilidad integral y retos sanitarios en los sistemas de ovino de carne*  
Ana Olaizola y Marian Ramo. Universidad de Zaragoza.
- 13 Efectos del porcentaje de ensilado de girasol incluido en la dieta de vacas lecheras sobre la producción y perfil de ácidos grasos de la leche. G. Salcedo, A. Villar, F. Caloto, R. Pérez.
- 22 Influencia del modo de aporte de la hierba sobre el perfil de ácidos grasos de la leche de vaca. S. de la Torre, L.J. Royo, A. Martínez-Fernández, F. Vicente.
- 31 Producción y perfil de ácidos grasos en leche de vacas en praderas del pasto subtropical Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en comparación con tres gramíneas templadas en sistemas de producción de leche en pequeña escala en México. D.A. Plata, E. Morales, C.G. Martínez-García, G. Flores, F. López-González, F. Prospero, C.L. Valdez, Y.G. Zamora, C.M. Arriaga.
- 40 Contribución a la autenticación de muestras de leche de vacas en pastoreo a partir de su composición de ácidos grasos. A. Botana, L. González, S. Pereira-Crespo, C. Resch, R. Lorenzana, M. Veiga, G. Flores-Calvete.
- 49 Predicción del perfil de ácidos grasos y autenticación del origen alimentario de la leche de vaca mediante NIRS. S. Pereira-Crespo, L. González, A. Botana, M. Veiga, C. Resch, R. Lorenzana, N. Núñez-Sánchez, G. Flores-Calvete.
- 59 Caracterización de la alimentación de los rebaños de ovino lechero de la CAPV adscritos a la DOP Idiazabal: resultados preliminares. N. Mandaluniz, I. Goiri, J. Arranz, M. Molina, A. García-Rodríguez, R. Ruiz.
- 67 ¿Es posible estimar la composición de la dieta de las vacas en función de parámetros de su leche? A. Villar, G. Salcedo, G. Flores, F. Vicente, P. Eguinoa, I. Vázquez, L. Royo, G. Mercé, B. Fernández, J. Busqué.
- 75 Identificación de dietas típicas y relación dieta-composición de la leche de vaca en explotaciones gallegas. A. Botana, L. González, S. Pereira-Crespo, C. Resch, R. Lorenzana, M. Veiga, G. Flores-Calvete.
- 84 Estimación *in situ* del contenido en nutrientes del purín de porcino por métodos rápidos. M.I. Garcia-Pomar, D. Báez, V. García-Souto, J. Castro, J.M. Blanco, M. Fernández-Pardo, M. Giménez, I. García-Precedo.
- 93 Dinámica de las explotaciones con vacuno lechero en España durante las tres últimas décadas: el caso de la Cornisa Cantábrica. E. García, I. Vázquez, A.I. García.
- 102 Caracterización y evolución del censo ganadero de las Islas Baleares. M. Llompart, J. Guíñas, J. Jaume, S. Joy, J. Cifre.
- 111 Pastoreo de avena negra para vacas en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el altiplano central de México. J.I. Vega, F. López-González, J.G. Estrada, F. Prospero, C.M. Arriaga.
- 120 Análisis de la producción ovina de alta montaña en el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca. N. Delgado, A.R. Martínez-Campos, C. González Rebeles, J.G. Estrada.

**SECCIÓN**  
**BOTÁNICA Y ECOLOGÍA DE PASTOS**

- 129** Ponencia sesión Botánica y Ecología de pastos  
*Valor de los pastos iberolevantinos como refugios de biodiversidad*  
Gonzalo Mateo Sanz. Universidad de Valencia.
- 133** Evolución de la vegetación tras quemas prescritas del matorral de erizón en el Pirineo aragonés. D. Gómez, D. Badía, J.L. Mora, C. Armas, S. Palacio, G. Montserrat.
- 142** Evaluación de la calidad bromatológica del erizón tras el uso de fuego prescrito para la mejora de pastos en el Pirineo Central. J.L. Mora, C. Armas, D. Badía, G. Montserrat, S. Palacio, D. Gómez.
- 151** Efecto de la quema prescrita en la composición del pasto bajo el arbolado de un bosque mediterráneo. R. Farlo.
- 158** Respuesta post-incendio de una comunidad de lastonar de *Festuca scariosa* L. en el espacio natural de Sierra Nevada. L. Levy, M.E. Ramos, M. Tognetti, J.L. González-Rebollar, A.B. Robles.
- 167** Estudio del efecto del efecto de la aplicación de quema prescrita sobre la recuperación de pastos en landas del Pla de la Calma (Parque Natural del Montseny). J. Plaixats, M.J. Broncano, L. Martínez-Ujaldón.
- 176** Contribución de un rebaño ovino trashumante a la biodiversidad: endozoocoria. T. Quitín, R. Reiné, O. Barrantes.
- 185** El papel de los márgenes en la diversidad florística de los prados de montaña. C. Chocarro, A. Juárez.
- 194** Evolución de la superficie y usos de las parcelas de prados de siega entre 1957, 1986 y 2016 en el valle del Ésera (Pirineo de Huesca). J. Ascaso, J. Domingo, O. Barrantes, D. Guzmán, R. Reiné.
- 203** Producción herbácea en áreas pastadas y excluidas al pastoreo en la Sierra de Guadarrama. T. Martínez, J. Mbulito.
- 212** 21 años de producción de pastos herbáceos en el CIA "Dehesón del Encinar", Oropesa, Toledo. C. López-Carrasco. S. Roig.
- 221** Valoración de la producción forrajera de Cantabria: integrando modelos de alta resolución climática y de producción de pasto. J. Busqué, D. San Martín, J. Bedía.

## SECCIÓN

### SILVOPASCICULTURA Y GESTIÓN DE SISTEMAS PASTORALES

- 230 Ponencia sesión Silvopascicultura y Gestión de sistemas pastorales  
*Boriegeros: Pastoreo en el oeste americano*  
Carlos Tarazona. Diputación General de Aragón.
- 236 Sostenibilidad de los sistemas de ovino de leche en Navarra. J.M. Mangado, J.M. Lasarte, M. Ancín, P. Lazkanotegi, J.M. Intxaurrendieta, P. Eguinoa.
- 245 Estructura productiva y manejo del territorio en las explotaciones con vacuno lechero de Cantabria. I. Vázquez, E. García, A.I. García.
- 253 Trashumancia y paisaje en la reserva de la biosfera de Redes (Asturias): pasado, presente y expectativas de futuro. J.A. González-Díaz, B. González-Díaz, R. Rosa.
- 262 Relación entre las unidades de ganado mayor en las explotaciones ganaderas y algunas características topográficas de las parcelas privadas en la pradería de San Juan de Plan (Huesca). A.J. Aguirre, F. Fillat, A. Borruel, D. Gómez.
- 271 Cría de caballos autóctonos en peligro de extinción en las montañas cantábricas. Beneficios medioambientales y desafíos económicos. L. Mújica, M.V. Sarriés, R.M. Canals.
- 279 Estimación de la producción de pastos herbáceos de dehesa a diferentes escalas mediante sensores remotos. P.J. Gómez Giráldez, C. Aguilar, A.B. Caño, A. García, M.P. González Dugo.
- 287 Efecto de los ungulados en la acumulación de materia orgánica y la densidad aparente del suelo. M. Ibáñez, A. Romero, C. Cardona, J. Vadell, J. Bartolomé, E. Serrano, E. Baraza.
- 296 Los cortafuegos como atrayente natural para cabras asilvestradas en la prevención de incendios. J.C. Pareja, J. Bartolomé, E. Serrano, E. Baraza.
- 302 Cambios florísticos del pasto inducidos por bosta de ganado vacuno y escarabajos coprófagos en pinares (*P. pinea* L.) del P.N.de Doñana. M.J. Leiva, B. Ojeda.
- 311 Morfología de la regeneración en dehesas con distinto tipo de gestión. A. López-Sánchez, R. Perea, R. Dirzo, S. Roig.
- 320 Potencial pascícola de las cubiertas naturales en cultivos de almendro de los altiplanos granadino y almeriense. M.E. Ramos, V. de Leijster, J.L. González-Rebollar, A.B. Robles.
- 329 La innovación como motor de conservación de los sistemas ganaderos extensivos de La Vera (Cáceres, España). P.M. Herrera, J. Majadas, G. Beaufoy, R. Carrasco.
- 339 Análisis multi-actor de la sostenibilidad y viabilidad del sector ovino de carne en Aragón. T. Rodríguez-Ortega, D. Martín-Collado, I. Casasús, A. Olaizola, A. Bernués.
- 348 Ensayo preliminar en mejora de pastos de secano en una zona marginal de la Isla de Tenerife. P. Méndez, A. Sicilia, S. Álvarez, A. Reyes, F. Cubas, L.A. Bermejo.
- 357 Actuaciones de mejora en la red de dehesas del proyecto Life BIO-DEHESA. Prospección del efecto de la fertilización fosfórica en la composición y calidad de los pastos. P. Fernández-Rebollo, M. Losada, M.T. Hidalgo, J.R. Leal, J. Fernández Habas, R. Villar, A. García Moreno, B. Caño, P.J. Gómez Giráldez, M.P. González Digo.
- 366 Efecto de la implementación del ensilado de maíz y/o pastoreo en la sostenibilidad de los sistemas de producción de leche en pequeña escala en el altiplano central de México. F. Próspero, C.G. Martínez-García, F. López-González, R. Olea, C.M. Arriaga.
- 375 La ovinocultura en Xalatlaco: trashumancia local en el centro México. L. Brunett, A. Sainz-Ramírez, F. López-González, M. Rosas, C.M. Arriaga.
- 383 Preferencia del venado cola blanca en cautiverio por los principales árboles forrajeros del trópico seco centroamericano. K. López-Benavides, L.R. Rocha, E. Serrano, J. Bartolomé.

**SECCIÓN**  
**PRODUCCIÓN VEGETAL**

- 392** Ponencia sesión Producción Vegetal  
*La esparceta, un cultivo antiguo pero muy vivo*  
Joaquín Aibar Lefe. Sociedad Española de Malherbología. Universidad de Zaragoza.
- 393** Evaluación del ensilado de girasol y ensilado de maíz en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el altiplano central de México. A. Sainz-Ramírez, J.G. Estrada, E. Morales, G. Flores, F. López González, C.M. Arriaga.
- 400** El ensilado de maíz como opción viable para productores de leche en pequeña escala. C. Martínez-García, M.G. Gutiérrez Nicio, F. Próspero, J.D. García Villegas, C.M. Arriaga.
- 408** Avances en la tecnología NIRS y su aplicación al análisis de ensilados de maíz. S. Modroño, A. Soldado, A. Martínez-Fernández, B. de la Roza.
- 417** Evaluación de la idoneidad de híbridos de maíz cultivados en Galicia para la obtención de sémola utilizada en la industria cervecera. M.J. Bande, J.L. Olmedo, P. Martí, D. Labraña.
- 426** Evaluación de genotipos promisorios de cebada (*Hordeum vulgare*) en los Andes centrales de Perú. J. Llacsá, L.R. Gómez-Pando, A. Martínez-Fernández, C.A. Gómez-Bravo.
- 434** Evaluación agronómica y nutritiva de diferentes genotipos de triticale para pienso. M.J. Poblaciones, D. Reynolds, N. Pinheiro, A. Rivera-Martín, T. García-White, S. Rodrigo, O. Santamaría.
- 443** Evaluación estacional del valor nutritivo de pastos de puerto en México. J. Martínez-Hernández, C.M. Arriaga, R. Rosa, R. Celaya, J. Valdés, J.G. Estrada.
- 452** Estrategias de mejora en la producción de biomasa herbácea y de su calidad nutritiva en pastizales y pastos de dehesa en clima semiárido mediterráneo. J. Vélez, O. Santamaría, L. Olea.
- 461** Efecto del tipo de esparceta sobre la composición química y la degradabilidad de la materia seca y del nitrógeno de los henos. D. Andueza, F. Muñoz, I. Delgado, S. Demdoun.
- 469** Comparación del valor forrajero de una nueva variedad de cebada capuchona (cv Mochona) respecto a triticale (cv Titania) en condiciones de secano. E. Albanell, R. Casals, M.J. Broncano, A. Elhadí, C.L. Manuelian, F. Batle, I. Romagosa, G. Caja
- 478** Haba forrajera en monocultivo o asociada con raigrás italiano: rendimiento y calidad de sus ensilados. S. Baizán, F. Vicente, A. Martínez-Fernández.
- 487** Efecto de la aplicación de inoculantes sobre la calidad fermentativa y estabilidad aeróbica de ensilados de maíz y sorgo. F. González-Alcántara, A. Gómez-Miranda, D. Plata, S. Pereira-Crespo, M. Veiga, A. Botana, J. Valladares, L. González, C. Resch, G. Flores-Calvete.
- 496** Efectos de la disponibilidad de agua sobre el rendimiento, composición química y valor nutricional de maíz, girasol y sorgo cosechados para forraje en la zona seca de Galicia. A. Gómez-Miranda, F. González-Alcántara, D. Plata, S. Pereira-Crespo, A. Botana, J. Valladares, M. Veiga, C. Resch, G. Flores-Calvete.
- 505** Efecto de la disponibilidad de agua y de la inoculación con micorrizas sobre el rendimiento y valor nutricional del cultivo de maíz forrajero en la zona interior de Galicia. D. Plata, F. González-Alcántara, A. Gómez-Miranda, S. Pereira-Crespo, A. Botana, J. Valladares, M. Veiga, C. Resch, G. Flores-Calvete.



# SECCIÓN

## PRODUCCIÓN ANIMAL CON BASE EN PASTOS

PASTORALISMO Y VÍAS PECUARIAS 2018. CONECTANDO TRADICIÓN E INNOVACIÓN

PASTOREO DE AVENA NEGRA PARA VACAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA EN EL ALTIPLANO CENTRAL DE MÉXICO

J.I. Vega-García, F. López-González, J.G. Estrada-Flores, F. Prospero-Bernal, C.M. Arriaga-Jordán

Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), Campus El Cerrillo, El Cerrillo Piedras Blancas, C.P. 50090, Toluca, Estado de México, México  
Correspondencia: [cmarriagaj@uamex.mx](mailto:cmarriagaj@uamex.mx)

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta de vacas al pastoreo de rebrote después del corte para ensilar de Avena negra (*Avena strigosa*) sola o en asociación con trébol violeta (*Trifolium pratense*) en sistemas de producción de leche en pequeña escala. Los tratamientos fueron: TxANS = pastoreo de rebrote de Avena negra sola, TxANT = Avena negra asociada con trébol violeta, y TxPME = pastoreo de una pradera polifita de *Lolium perenne* (cv. Bargala y cv. Payday), *X Festulolium* (cv. Spring Green) y *Trifolium repens* (cv. Ladino). Nueve vacas se ordenaron aleatoriamente en grupos de tres y según un diseño de cuadro latino 3 x 3 repetido tres veces. Las vacas recibieron 4.6 kg MS/día de alimento comercial adicional al pastoreo. Se midió el rendimiento de materia seca producida disponible para el pastoreo, y se realizó el análisis químico del forraje. Las variables de respuesta animal fueron rendimiento y composición química de la leche, peso vivo y condición corporal. No hubo diferencias ( $P>0.05$ ) entre tratamientos en las variables animales. Los forrajes resultaron con una alta calidad nutritiva por lo que el pastoreo de rebrotes de avena negra puede ser una opción viable para estos sistemas.

Palabras clave: estrategias de alimentación, forraje, rebrote, época seca.

INTRODUCCIÓN

Los Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala (SPLPE) se caracterizan por pequeñas unidades de producción con rebaños entre 3 y 35 vacas más sus recrias, que se basan fundamentalmente en mano de obra familiar y están integrados al mercado como proveedores a queserías artesanales, aunque pueden generar ingresos provenientes de otras actividades fuera del sistema lechero (Espinoza-Ortega, 2007).

Según Martínez-García *et al.* (2015), la FAO considera que estos sistemas a pequeña escala deberían tener prioridad en las políticas públicas ya que cumplen funciones con la sociedad como proporcionar ingresos y empleo y amortiguar la pobreza y la inseguridad alimentaria en áreas rurales. La sostenibilidad de estos sistemas se acrecienta con el uso

PASTORALISMO Y VÍAS PECUARIAS 2018. CONECTANDO TRADICIÓN E INNOVACIÓN

correcto de recursos forrajeros producidos en la propia finca, aumentando la eficiencia de producción (Prospero-Bernal *et al.*, 2017). Por otro lado, las condiciones agroclimáticas y de manejo generan condiciones difíciles para el cultivo y crecimiento tanto de especies perennes como anuales. En zonas con riego del altiplano central la alimentación del ganado se basa en praderas de raigrás (*Lolium multiflorum* y *L. perenne*) asociadas con trébol blanco (*Trifolium repens*).

Algunos productores han integrado el pastoreo de praderas durante todo el año, pero el crecimiento del forraje se reduce durante la época más seca (Próspero-Bernal *et al.*, 2017), requiriendo considerar otros alimentos y alternativas forrajeras (Celis-Alvarez *et al.*, 2017). Ya que el mayor costo en el funcionamiento de los SPLPE es el que representa la alimentación del rebaño, se requiere de la provisión de alimentos de buena calidad y con el menor costo posible. Los cereales de grano pequeño, como la avena común (*Avena sativa*), el triticale (*XTriticosecale*), el centeno (*Secale cereale*) o la avena negra (*Avena strigosa*), son una opción para la alimentación del ganado en la época seca dado su ciclo agronómico corto y su resistencia a las heladas de esta época (invierno) (Celis-Alvarez *et al.*, 2017). La avena negra tiene las ventajas de los otros cereales de grano pequeño, pero además tiene una alta capacidad de rebrote después del corte o pastoreo (Restelatto *et al.*, 2014), por lo que puede ser utilizada tanto en pastoreo como en forma de ensilado.

El objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta productiva de vacas de sistemas de producción de leche en pequeña escala, al pastoreo del rebrote después del corte para ensilar de avena negra sola o en asociación con trébol violeta en comparación al pastoreo de una pradera polífita.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en otoño de 2016 (del 10 de octubre al 20 de noviembre) en Aculco, Estado de México (20°10' N, 99°48' O; 2470 m de altitud) (Martínez-Borrego, 2009). La región tiene un clima templado sub-húmedo con una temperatura media de 13,2 °C y una precipitación de 800mm anuales, con una época de lluvias de mayo a octubre y una época seca de octubre a abril.

PASTORALISMO Y VÍAS PECUARIAS 2018. CONECTANDO TRADICIÓN E INNOVACIÓN

La pradera polífito utilizada (TxPME) se estableció en el año 2015 y se sembró con dos cultivares de raigrás inglés (cv. Bargala y cv. Payday), un cultivar de *Festulolium* (cv. Spring Green) y un cultivar de trébol blanco (cv. Ladino). Las dosis de siembra para las gramíneas fueron en total 30 kg/ha y para el trébol 3 kg/ha. Para los cultivos de avena se sembró el 7 de julio de 2016 una pradera de 2,5 ha con *Avena strigosa* cv. Saia a una dosis de siembra de 120 kg de semilla/ha. La mitad de la pradera se sembró sola y la otra mitad se asoció con *Trifolium pratense* cv. Kenland a una dosis de 10 kg/ha. La pradera se fertilizó al momento de la siembra, con una dosis de 80N-60P-40K kg/ha siguiendo lo propuesto por Salgado *et al.* (2009) y Sánchez-Gutiérrez (2014). La avena producida se cortó para ensilar el 12 de septiembre del mismo año y posteriormente se fertilizó la pradera el 10 de octubre para el pastoreo del rebrote; en esta ocasión sólo con 80 kg N/ha.

Nueve vacas Holstein en lactación fueron asignadas en grupos de tres, homogenizando los grupos en cuanto a rendimiento de leche (RL), peso vivo (PV), y condición corporal (CC). Los valores medios antes del experimento fueron RL de 11,4 kg/día (rango de 10,4-13,2 kg/día), el PV de 501,8 kg (476,6-545,3 kg) y la CC de 2,4 (2,3-2,5).

Las vacas pastorearon continuamente 1 ha 8 h/día. El experimento tuvo una duración de 42 días divididos en tres periodos: Periodo 1 (del 10 al 23 de octubre), Periodo 2 (del 24 de octubre al 6 de noviembre) y Periodo 3 (del 7 al 20 de noviembre), cada periodo experimental fue de 14 días (10 días de adaptación y 4 para medición de variables). La Acumulación Neta de Forraje (ANF) y la medición de altura de las praderas se realizaron mediante la técnica empleada por Hodgson (1990). Para el cálculo de la ANF se utilizaron 6 jaulas de exclusión de 0,25 m<sup>2</sup> en cada pradera y colocadas al azar el día 0 de cada periodo experimental, momento en que se cortó a ras del suelo con tijeras el forraje fuera de cada jaula en un cuadro de 0,4 x 0,4 m. Al finalizar el periodo (día 14) se retiraban las jaulas para cortar de manera similar la hierba acumulada. A partir de la diferencia del forraje en Materia Seca (MS) entre el día 0 y 14 de cada periodo se estimó la ANF en kg MS/ha. La altura de la PME se midió al final de cada periodo con un medidor de plato ascendente. En el caso de las praderas de avena, la altura se determinó con una cinta métrica. Adicional al pastoreo, las vacas recibieron 4.6 kg MS/día de alimento balanceado comercial.

PASTORALISMO Y VÍAS PECUARIAS 2018. CONECTANDO TRADICIÓN E INNOVACIÓN

El análisis químico del forraje se determinó a partir de muestras simulando pastoreo al finalizar cada periodo. Este forraje se secó en una estufa de aire forzado para determinar MS y posteriormente se realizó el análisis químico. Las cenizas se determinaron mediante incineración a 550 ° C; la proteína bruta (PB) se determinó mediante el método de Kjeldahl, la fibra ácido detergente (FAD) y fibra neutro detergente (FND) mediante el método de micro bolsas y la digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) por el método de Ankom-Daisy (Ankom 2005). El consumo de materia seca del forraje se estimó por medio de la técnica indirecta de energía metabolizable utilizada (Pulido y Leaver, 2001).

El ordeño de las vacas se realizó manualmente dos veces al día, a las 05:30 y 18:00 horas. El rendimiento de leche se registró en los cuatro días de medición de cada periodo experimental con una balanza de reloj. La leche obtenida de cada ordeño se procesó con un analizador de ultrasonido para determinar contenido de grasa (G), proteína (P) y lactosa (LAC). Para estimar el nitrógeno ureico en leche (NUL) se usó el método colorimétrico de Chaney y Marbach (1962). Al final de cada periodo experimental las vacas se pesaron con una balanza electrónica con capacidad para 1000 kg, y se determinó la condición corporal (escala 1 a 5).

El diseño experimental fue un cuadro latino 3x3 repetido tres veces. La secuencia de tratamientos fue determinada al azar, y cada vaca dentro de cada cuadro fue asignada aleatoriamente a la secuencia de tratamientos. El análisis fue con el siguiente modelo (Celis-Alvarez et al 2016):

$$Y_{ijkl} = \mu + C_i + V_i(j) + P_k + t_l + e_{ijkl}$$

Donde  $\mu$  = Media general, C= Efecto del cuadro  $i=1, 2, 3$ , V = Efecto de la vaca dentro del cuadro  $j= 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$ , P = Efecto debido al periodo experimental  $k = 1, 2, 3$ , t = Efecto de tratamiento de pastoreo  $l = 1, 2, 3$  y e= Error experimental.

PASTORALISMO Y VÍAS PECUARIAS 2018. CONECTANDO TRADICIÓN E INNOVACIÓN

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Rendimiento del cultivo de avena negra

La precipitación y las temperaturas del altiplano central de México registradas en verano de 2016 conjuntamente con la fertilización influyeron en la producción de forraje de avena negra (3,385 kg MS/ha), cortada a los 68 días después de la siembra.

La edad del cultivo al corte determinó así mismo el rendimiento. Celis-Álvarez *et al.* (2017) evaluaron la misma variedad de avena negra obteniendo un rendimiento de 4,851 kg MS/ha en temporada de lluvias, pero en lotes pequeños, con una fertilización de 100N-80P-80 K cortando a los 72 días post-siembra. Por otra parte, Sánchez *et al.* (2014) obtuvieron un rendimiento para avena negra de 4,763 kg MS/ha, en el centro-norte de México, con una fertilización de 60N-40P-00 K cortando a 106 días después de la siembra.

Restelatto *et al.* (2014) analizaron en Brasil el rendimiento de avena negra con diferentes niveles de fertilización obteniendo el rendimiento más alto (6,000 kg MS/ha) con una fertilización de 187 kg de N/ha en seis cortes cuando el cultivo tenía una altura de 25-30 cm, adecuada para el pastoreo. El primer corte lo hicieron a los 58 días post-siembra y los cortes fueron en promedio cada 20 días.

### Composición química de los alimentos

La Tabla 1 muestra los resultados de composición química. El contenido de PB en los tratamientos TxANS y TxANT fue adecuada para cubrir los requerimientos de vacas lecheras con rendimientos moderados, encontrando diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) con respecto al tratamiento TxPME.

En otras evaluaciones anteriores con la misma variedad se registraron valores de PB desde 117 g/kg MS hasta 240 g/kg MS, este último con una fertilización de 160 kgN/ha (Sánchez *et al.*, 2014, Restelatto *et al.*, 2014). El contenido de PB en TxANS resultó menor en comparación con TxANT, lo que se atribuye al contenido de trébol violeta en el segundo tratamiento.

La DIVMS no presentó diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) resultados menores a los que encontraron Restelatto *et al.* (2014) en avena negra en Brasil, pero similar a lo que presentaron Macari *et al.* (2006) en otro trabajo realizado también en Brasil.

PASTORALISMO Y VÍAS PECUARIAS 2018. CONECTANDO TRADICIÓN E INNOVACIÓN

El concentrado comercial que se le proporciono a las vacas durante el experimento cumplió con las especificaciones nutricionales por parte del proveedor de alimentos.

**Tabla 1.** Valores medios del contenido de Materia Seca (MS) y concentraciones de materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) y energía metabolizable (EM) de los alimentos utilizados en el experimento.

	TxANS	TxANT	TxPME	Promedio	EEM	Concentrado
MS (g/kg MS)	227 <sup>b</sup>	233 <sup>b</sup>	189 <sup>a</sup>	216	4,79 <sup>*</sup>	915
MO (g/kg MS)	897 <sup>*</sup>	892 <sup>b</sup>	878 <sup>c</sup>	889	0,30 <sup>*</sup>	846
PB (g/kg MS)	135 <sup>b</sup>	150 <sup>b</sup>	210 <sup>a</sup>	165	9,2 <sup>*</sup>	219
FND (g/kg MS)	542	534	497	524	11,4 <sup>NS</sup>	244
FAD (g/kg MS)	275	280	261	272	5,4 <sup>NS</sup>	75
DIVMS (g/kg MS)	750	776	794	773	15,6 <sup>NS</sup>	811
EM (MJ/kg MS)	11,1	11,5	11,8	11,4	1,7 <sup>NS</sup>	12

MS= Materia seca, MO= Materia orgánica, PB= Proteína bruta, FND= Fibra neutro detergente, FAD= Fibra ácido detergente, DIVMS= Digestibilidad *in vitro* de la materia seca, EM= Energía metabolizable, EEM= Error estándar de la media.

#### Acumulación Neta de Forraje

La acumulación neta promedio de forraje por periodo fue de 672, 1033 y 657 kg MS/ha (603, 922 y 577 kg MO/ha) para la pradera TxANS, TxANT y TxPME, respectivamente, observándose diferencias significativas ( $P<0,05$ ). Las condiciones experimentales en verano de 2016 limitaron la ANF para el TxANS a 47 kg MS/ha/día (Tabla 2), valor menor a los 73,7 kg MS/ha/día obtenido para el TxANT; hecho que se puede atribuir a su asociación con el trébol violeta que repercutió en una ANF 52% superior en TxANT, sin presentarse diferencias significativas entre los tratamientos ( $P<0,05$ ).

Estos resultados son mayores a los encontrados por Macari *et al.* (2006) en Brasil, quienes una ANF de 35,6 kg MS/d, pero con una fertilización de 5-20-20 (N-P-K) y una densidad de siembra de 60 kg/ha. La menor ANF se obtuvo en el TxPME.

#### Variables animales

El análisis estadístico no mostró diferencias estadísticamente significativas ( $P>0,05$ ) entre tratamientos para ninguna variable animal (PV, CC, RL y G, P, LAC y NUL). Los valores sobre la composición química de la leche (G, P, LAC) se encuentran dentro de lo establecido por los estándares mexicanos para una leche con clasificación A para estas características.

PASTORALISMO Y VÍAS PECUARIAS 2018. CONECTANDO TRADICIÓN E INNOVACIÓN

Tabla 2. Valores medios de acumulación neta de forraje (ANF) de las praderas pastoreadas durante el experimento.

	Periodo I	Periodo II	Periodo III	Total
	ANF (kg MS/ha por periodo experimental)			
TxANS	519	1,010	487	2,016
TxANT	871	838	1,389	3,058
TxPME	445	676	420	1,541
Promedio	611 <sup>b</sup>	841 <sup>a</sup>	765 <sup>a</sup>	2205
EEM		98,1 <sup>*</sup>		-
	ANF (kg MS/ha por día)			Media
TxANS	37	72	34	47
TxANT	62	59	99	69
TxPME	31	48	30	36
Promedio	43	59	54	50
EEM		7,1 <sup>NS</sup>		-

TxANS= pastoreo de rebrote de Avena negra sola, TxANT= Avena negra asociada con trébol violeta, TxPME= pastoreo de una pradera polifita de *Lolium perenne* (cv. Bargala y cv. Payday), *X Festulolium* (cv. Spring Green) y *Trifolium repens* (cv. Ladino), EEM= Error estándar de la media.

Tabla 3. Rendimiento de leche y su composición, nitrógeno ureico en leche, peso vivo y condición corporal (1-5).

	Tratamientos			EEM
	TxANS	TxANT	TxPME	
Rendimiento de leche (kg/vaca/día)	10,9	10,9	10,6	0,49 <sup>NS</sup>
Grasa en leche (g/kg)	38,0	37,4	37,9	0,17 <sup>NS</sup>
Proteína en leche (g/kg)	31,2	31,2	31,1	0,05 <sup>NS</sup>
Lactosa en leche (g/kg)	45,0	46,2	44,8	0,10 <sup>NS</sup>
NUL (mg/dl)	12,1	12,1	12,9	1,41 <sup>NS</sup>
Peso vivo (kg)	515,9	515,9	505,3	3,61 <sup>NS</sup>
Condición corporal	2,6	2,7	2,7	0,06 <sup>NS</sup>

NUL= Nitrogeno ureico en leche, <sup>NS</sup> P>0,05; EEM: Error estándar de la media

### CONCLUSIONES

No existieron diferencias entre los tres tratamientos evaluados (pastoreo del rebrote de avena negra, rebrote de avena asociado con trébol violeta y una pradera polifita) en términos de rendimiento y la composición química de la leche (grasa, proteína, lactosa y NUL); peso vivo y condición corporal de vacas lecheras complementadas con 4,6 kg MS de alimento concentrado/vaca/día. El rebrote de *Avena strigosa* cv. Saia es un forraje de alta calidad por lo que es viable su utilización como alternativa para alimentación de vacas lecheras de rendimiento moderado en época de sequía en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el altiplano central de México.

PASTORALISMO Y VÍAS PECUARIAS 2018. CONECTANDO TRADICIÓN E INNOVACIÓN

#### AGRADECIMIENTOS

A los pequeños productores por su amable disposición para participar en este trabajo. Al financiamiento de la Universidad Autónoma del Estado de México (proyecto UAEM 3676/2014 CIA) y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México por el apoyo de la beca para estudios de posgrado de Jesús Israel Vega García.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ankom. (2005) Procedures (for NDF, ADF, and in vitro Digestibility). Ankom Technology Method. (<http://www.ankom.com>) Acceso el 30 de junio de 2010).
- Celis-Álvarez M.D., López-González F., Estrada-Flores J.G., Domínguez-Vara I.A., Heredia-Nava D. Munguía-Contreras A. y Arriaga-Jordán C.M. (2017) Evaluación nutricional *in vitro* de forrajes de cereales de grano pequeño para Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 20, 439-446.
- Chaney A.L. y Marbach E.P. (1962) Modified Reagents for Determination of Urea and Amonia. *Clinical Chemistry*, 8 (2), 130-132.
- Espinoza-Ortega A., Espinosa-Ayala E., Bastida-López J., Castañeda-Martínez T., y 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.
- Hodgson J. (1990) *Grazing Management: Science into Practice*. Harlow, UK: Longman Scientific and Technical.
- Macari S., da Rocha G.M., Restle J., Pilau A., de Freitas K.F. y Pereira N.F. (2006) Avalacao da mistura de cultivares de aveia preta (*Avena strigosa* Scherb) com azevém (*Lolium multiflorum* Lamb.) sob pastejo. *Ciencia Rural*, 36 (3), 910-915.
- Martínez Borrego E. (2009) *La lechería en el Estado de México: sistema productivo, cambio tecnológico y pequeños productores familiares en la región de Jilotepec*. México, D.F.: UNAM-Instituto de Investigaciones Sociales/Bonilla Artigas Editores.
- Martínez-García C., Rayas-Amor A.A., Anaya-Ortega J.P., Martínez-Castañeda F.E., Espinoza-Ortega A., Prospero-Bernal F. y Arriaga-Jordán C.M. (2015) Performance of small-scale dairy farms in the highlands in central Mexico during the dry season under traditional feeding strategies. *Tropical Animal Health and Production*, 47, 331-337.
- Prospero-Bernal, F., Martínez-García, C. G., Olea-Pérez, R., López-González, F. y Arriaga-Jordán, C. M. (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*, 49, 1537-1544.
- Pulido R.G. y Leaver D. (2001) Quantifying the influence of sward height, concentrate level and initial milk yield on the milk production and grazing behaviour of continuously stocked dairy cows. *Grass and Forage Science*, 56, 57-67.

PASTORALISMO Y VÍAS PECUARIAS 2018. CONECTANDO TRADICIÓN E INNOVACIÓN

Restelatto R., Pavinato P.S., Sartor L.R., y Paixao S.J. (2014) Production and nutritional value of sorghum and black oat forages under nitrogen fertilization. *Grass and Forage Science*, 69, 693-704.

Salgado P., Thang Q.V., Thu V.T., Trach X.N., Cuong C.V., Lecomte P. y Richard D. (2013) Oats (*Avena strigosa*) as winter forage for dairy cows in Vietnam: an on-farm study. *Tropical Animal Health and Production*, 45, 561-568.

Sánchez G.A.R., Gutiérrez B.H., Serna P.A., Gutiérrez L.R., y Espinoza C.A. (2014) Producción y calidad de forraje de variedades de avena en condiciones de temporal en Zacatecas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 5 (2), 131-142.

GRAZED BLACK OAT FOR COWS IN SMALL-SCALE DAIRY SYSTEMS IN THE CENTRAL HIGHLANDS OF MEXICO

Summary

The objective was to evaluate the performance of cows grazing black oat (*Avena strigosa*) regrowth after cutting for silage, in monoculture or associated with red clover (*Trifolium pratense*) in small-scale dairy systems. Treatments were: TxANS = black oat monoculture, TxANT = black oat with red clover, and TxPME = grazed multi-species pasture of *Lolium perenne* (cv. Bargala and cv. Payday), X *Festulolium* (cv. Spring Green) and *Trifolium repens* (cv. Ladino). Nine cows were assigned to groups of three to a 3 x 3 Latin Square design repeated three times. Cows received 4.6 kg DM/day of supplemental commercial concentrate. DM production available for grazing was determined, and the chemical composition of feeds performed. Animal response variable were milk yield and composition, live weight, and body condition. There were no differences ( $P>0.05$ ) among treatments for the animal variables and all forages had a high nutritive quality. In conclusion grazing black oat regrowth may be a viable option for these systems.

Key words: feeding strategies, forages, regrowth, dry season.

## 7.2 Artículo enviado

Se presenta el correo de recepción del artículo redactado y enviado a la Revista Brasileira de Zootecnia, el manuscrito del artículo enviado y las tablas del mismo:

“Black oat (*Avena strigosa*) grazing or silage for small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico”

24-Aug-2018

Dear Mr. VEGA-GARCÍA:

A manuscript titled Black oat (*Avena strigosa*) grazing or silage for small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico (RBZ-2018-0213) has been submitted by Dr. CARLOS ARRIAGA-JORDAN to the Revista Brasileira de Zootecnia.

You are listed as a co-author for this manuscript. The online peer-review system, ScholarOne Manuscripts, automatically creates a user account for you. Your USER ID and PASSWORD for your account is as follows:

Site URL: <https://mc04.manuscriptcentral.com/rbz-scielo>

USER ID: kusanaguikio@hotmail.com

PASSWORD: For security reasons your password is not contained in this email. To set your password click the link below.

[https://mc04.manuscriptcentral.com/rbz-scielo?URL\\_MASK=511dde583c5049538e055b47a199a067](https://mc04.manuscriptcentral.com/rbz-scielo?URL_MASK=511dde583c5049538e055b47a199a067)

You can use the above USER ID and PASSWORD (once set) to log in to the site and check the status of papers you have authored/co-authored. Please log in to <https://mc04.manuscriptcentral.com/rbz-scielo> to update your account information via the edit account tab at the top right.

Thank you for your participation.

Sincerely,  
Revista Brasileira de Zootecnia Editorial Office

To create a new ORCID ID record or to link your user account to an existing ORCID ID, simply click this link: [https://mc04.manuscriptcentral.com/rbz-scielo?URL\\_MASK=e97f641d3c3846099085347d43b09bdc](https://mc04.manuscriptcentral.com/rbz-scielo?URL_MASK=e97f641d3c3846099085347d43b09bdc)

## **Black oat (*Avena strigosa*) grazing or silage for small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico**

**ABSTRACT** – The objective was to evaluate black oat (*Avena strigosa*) either grazing regrowth after cutting for silage, or as first-cut silage in the dry season, for milking cows in small-scale dairy systems in two experiments. Treatments in Experiment 1 were restricted grazing for 8 h d<sup>-1</sup> of black oat regrowth (BKO), black oat associated with red clover (*Trifolium pretense* cv. Kenland) (BKC) or a multi-species pasture (MSP) of perennial ryegrass (*Lolium perenne* cv. Bargala and cv. Payday, Festulolium (*Lolium perenne*/*L. multiflorum* X *Festuca pratense*) cv. Spring Green and white clover (*Trifolium repens* cv. Ladino). Experiment 2 evaluated the inclusion of 2.5 (T1), 5.0 (T2) or 7.5 (T3) kg DM cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> of black oat silage. Both experiments were with nine cows organized in groups of three randomly allotted to treatment sequence in a 3x3 Latin Square design replicated three times. Cows also received 4.6 kg DM d<sup>-1</sup> of commercial compound concentrate. There were no differences in animal variables with mean milk yields of 10.8 and 15.2 kg cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, 37.7 and 30.0 g kg<sup>-1</sup> milkfat, 31.1 and 32.5 g kg<sup>-1</sup> milk protein, 512.3 and 482.2 kg live weight, and 2.6 and 2.5 body condition score, for Experiment 1 and 2 respectively. Grazing black oat regrowths is an option equivalent to grazing multispecies temperate pastures (Experiment 1), and the performance of milking cows is independent of the amount of black oat silage supplied during the dry season to cows under restricted grazing (Experiment 2). Black oat is a versatile forage resource for small-scale dairy systems both for grazing and as silage.

**Key words:** alternative forages, black oat, family dairying, grazing, regrowth, silage

## **Introduction**

Small-scale dairy systems (SSDS) are an option to reduce rural poverty in Mexico (Espinoza-Ortega et al., 2007), where these systems contribute up to 37 % of national milk production (Fadul-Pacheco et al., 2013), providing income, occupation, and avoiding migration from rural areas (Martínez-García et al., 2015).

The sustainability of SSDS requires the optimal use of the home-grown forage resources to reduce reliance on external feed inputs and increase the efficiency of their production (Prospero-Bernal et al., 2017); since feeding is the main component of production costs representing between 55 and 70 % of total costs (Mwendia et al., 2017).

The feeding base in SSDS must be quality forages and pastures (Martínez-Borrego, 2009). Grazing in the rainy season reduces feeding costs and increases profitability of farms (Prospero-Bernal et al., 2017). However, farmers face shortages during the dry season, when conserved forages as silage are quality forage options to feed herds (Albarrán et al., 2012; Restelatto et al., 2014; Mwendia et al., 2017), and as complement to grazing (Prospero-Bernal et al., 2017).

Common oat (*Avena sativa*) is an important forage in temperate areas of the world for animal production as grazing, hay or silage (Beratto-Medina et al., 2000;; Mwendia et al. (2017); and in Mexico is widely adapted and useful for late sowing when conditions do not warrant the maize crop (Ramírez-Ordóñez, 2013; Sánchez-Gutiérrez et al., 2014); and has proven to be a good forage source as silage for SSDS (Celis-Alvarez et al., 2016).

Black oat (*Avena strigosa*) is a short cycle small-grain cereal tolerant to water deficit conditions and poor soils, a characteristic of the highlands of central Mexico, and has good feeding quality for cattle (Dial, 2014); with a high ability to regrow after cutting (Beratto-Medina et al., 2000; Restelatto et al., 2014), which may have more advantages like higher DM yields than common oat. There are few reports on the use of black oat for feeding dairy cows in Mexico, and none on its use for grazing.

The objective of this work was therefore to evaluate black oat (*Avena strigosa*) either grazing regrowth after cutting for silage, or as first-cut silage in the dry season, for milking cows in small-scale dairy systems in two experiments.

### **Materials and Methods**

Experiment 1 took place in autumn 2016 (10 October to 20 November) at the end of the rainy season, and Experiment 2 took place during spring 2017 (10 April to 21 May) at the height of the dry season. The work followed a participatory livestock research approach (Conroy, 2005). The experiments were on the small-scale dairy farms of four brothers who manage their herds separately but jointly manage their land plots.

Location of the farms is in the municipality of Aculco, in the central highlands of Mexico at 20°10' N 99°48' W with a sub-humid temperate climate and mean altitude of 2470 m, a mean temperature of 14 °C, 800 mm rainfall with summer rains between May and October and a dry season from November to mid-May (Burbano-Muñoz et al., 2018).

#### *Black oat crop*

Sowing of black oat was on 7 July 2016 in a 2.5 ha rainfed plot with 120 kg ha<sup>-1</sup> of *Avena strigosa* seed of the Saia variety. Half the plot (1.25 ha) was oversown with red clover (*Trifolium pratense* cv. Kenland) at 10 kg seed ha<sup>-1</sup>. Fertilisation was 80N-60P-40K kg ha<sup>-1</sup> at sowing (Salgado et al., 2010; Sánchez-Gutiérrez et al., 2014).

Ensiling of the black oat for Experiment 2 was on 12 September (67 days post-sowing), and the regrowth fertilised on 10 October with 80 kg N ha<sup>-1</sup> for Experiment 1. At the time, red clover had not properly emerged. Ensiling of the black oat forage was in ground silos covered with a 600 calibre black plastic sheet, sealed with soil on top.

#### *Multispecies pastures*

Grazed multispecies pastures, with limited irrigation in the dry season, used in both experiments were sown in 2015, with perennial ryegrass (*Lolium perenne*) of the Bargala and Payday varieties, and festulolium (*Lolium perenne*/L. multiflorum X *Festuca pratense*) Spring Green variety at 30 kg seed ha<sup>-1</sup> associated with 3 kg seed ha<sup>-1</sup> of white clover (*Trifolium repens*) cv. Ladino. In Experiment 1 grazing was on 1.0 ha (MSP-1). In Experiment 2, grazing was on a further 2.0 ha (MSP-2), totalling 3.0 ha of multispecies pasture in Experiment 2. The target stocking rate in both experiments was 3 cows ha<sup>-1</sup>.

#### *Experimental designs and treatments*

Experiment 1: The experiment followed a 3x3 Latin Square design replicated three times (Kaps and Lamberson, 2004), evaluating the following three continuous grazing treatments: BKO – grazing of black oat regrowth, BKC – grazing of black oat regrowth associated with red clover, and MSP-1 grazing of multispecies pasture. Grazing was for 8 h day<sup>-1</sup> (9:00 to

17:00 h), with water freely available at all times. The plots for BKO and BKC were adjusted to 1.0 ha with electric fencing, and cows kept overnight in pens after the evening milking.

Each cow received additionally 4.6 kg DM d<sup>-1</sup> of a commercial compound concentrate (21% CP) determined and as is customary practice by participating farmers. Concentrate was provided in two split meals a day at milking. Milking was twice a day by hand.

Nine multiparous Holstein cows were selected for Experiment 1. Mean pre-experimental variables were 11.4±5.6 kg cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> for milk yield, 226±129 days in milk, 502±68.5 kg for live weight, and 2.4±0.1 body condition score on a 1 to 5 scale.

The nine cows were in three groups (squares) of three cows each according to similar parity, milk yield, and live weight. Treatment sequences for the experiment were assigned randomly, and each cow within squares was same wise assigned randomly to sequence.

The experiment lasted for 42 days in three experimental periods of 14 days each, with 10 days for adaptation to diets, and the last four days for sampling. Experimental periods of 14 days are valid for feeding experiments with dairy cows when treatments do not change radically, as reported here. These are well validated by the research group at INRA-Rennes in France, who have utilized 14 days (or shorter) experimental periods both in Latin Square and in other experimental designs (Pérez-Prieto et al. 2012; Miguel et al. 2014).

#### *Pasture and oat crop variables*

Net herbage accumulation (NHA) and sward height (at the end of each experimental period) with a sliding plate grass metre followed procedures described by Plata-Reyes et al. (2018).

NHA estimation was from six 0.25m<sup>2</sup> exclusion cages per treatment cutting to ground level with shears a 0.4 x 0.4 m quadrant.

Measurement of height of BKO and BKC was with a ruler, and the leave-stem ratio estimated following Sánchez-Gutiérrez et al. (2014) of compound samples of both BKO and BKC.

Chemical composition analyses were from samples of hand plucked simulated grazing at the end of each experimental period, when a sample of concentrate was also taken. Dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), neutral detergent fibre (NDF), acid detergent fibre (ADF), *in vitro* DM digestibility (IVDMD) and estimated metabolizable energy (eME) followed established procedures described by Celis-Alvarez et al. (2016).

Experiment 2: A 3x3 Latin Square design replicated three times evaluated the inclusion of three levels of black oat silage (BOS) to complement cows grazing multispecies pastures for 8 h d<sup>-1</sup> in the dry season. Treatments were T1: 2.5 kg DM BOS cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, T2: 5.0 kg DM BOS cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, and T3: 7.5 kg DM BOS cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. All cows received 4.6 kg DM d<sup>-1</sup> of commercial compound concentrate. Grazing was for 8 h (09:00 to 17:00 h).

The BOS and concentrate, weighed daily for each cow, were provided divided in two equal meals in the overnight pen after milkings following (Burbano-Muñoz et al., 2018). BOS refusals were weighed every morning, but there were no refusals for concentrate. Drinking water was available at all times for cows at pasture and in the overnight pens.

Similar to Experiment 1, nine Holstein cows were assigned in groups (squares) of three to treatment sequences. Cows in each group were similar in parity, mean milk yield, and live weight. Mean pre-experimental figures were 13.4±3.5 kg d<sup>-1</sup> for milk yield, 87±67 days in

milk,  $471 \pm 43.0$  kg live weight and 2.5 for BCS. Treatment sequences per square, and cows within square for treatment sequence, were randomised.

Cows grazed continuously 3 ha of pasture (MSP-1 and MSP-2) with free access between pastures for  $8 \text{ h d}^{-1}$  representing a stocking rate of 3 cows  $\text{ha}^{-1}$ . Each experimental period was 14 days.

Recording of animal and pasture variables, and chemical analyses of feeds were as in Experiment 1, with six exclusion cages  $\text{ha}^{-1}$  for NHA estimation  $\text{ha}^{-1}$ . Samples of BOS for chemical composition were taken at different points of the silage face, and pasture herbage samples were hand plucked simulating grazing. BOS pH determination was in a dilution of silage with distilled water.

#### *Animal variables*

In both experiments, milking was by hand two times a day (5:30 and 18:00 h). Recording of milk yield was with a spring balance during the four last days of each period. Milk fat, milk protein and lactose content was determined with an ultrasound analyser in samples of each milking, and weighted means used for analyses. Milk urea nitrogen (MUN) followed procedures from previous work Celis-Alvarez et al. (2016).

Recording of live weight (LW) with an electronic scale was on the last four consecutive days of each experimental period, using mean LW for analyses. Body condition score (on a 1 to 5 scale) determination was on the last day of each period.

Estimation of total feed intake was from utilised metabolizable energy following Hernández-Mendo and Leaver (2006), subtracting eME from concentrate supplementation in

Experiment 1, and from concentrate and BOS intake in Experiment 2, to total ME requirements of the cows to determine grazed herbage intake. There were no concentrate refusals.

#### *Statistical analyses*

Both experiments were analysed as a 3 x 3 Latin Square design replicated three times (Kaps and Lamberson, 2004) with the following model (Burbano-Muñoz, et al., 2018):

$$Y_{ijkl} = \mu + S_i + C_{j(i)} + P_k + t_l + e_{ijkl}$$

Where:  $\mu$  = General mean; S = effect due to squares.  $i = 1, 2, 3$ ; C = effect due to cows within squares  $j = 1, 2, 3$ ; P = effect due to experimental periods.  $k = 1, 2, 3$ ; t = effect due to treatment.  $l = 1, 2, 3$ ; and  $e$  = residual error term.

Statistical analyses of chemical composition of grazed plots in Experiment 1 was in a totally random design with the model:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Where  $\mu$  = General mean; T = effect due to treatment,  $i=1,2,3$ ; and  $e$  = residual error term.

#### *Economic analyses*

The economic analyses was by partial budgets in both experiments, following Celis-Alvarez et al. (2016); only taking into account feeding costs and income from milk sales to obtain margins over feed costs per cow and per kg of milk produced.

## Results

### *Net herbage accumulation (NHA)*

Table 1 shows NHA for both Experiments. In Experiment 1, NHA in BKC was 51 % higher than in BKO, and nearly double than MSP. Height in both black oat plots was similar, and compressed sward height in MSP was marginally under the nominal target of 5 cm for continuous grazing. Herbage availability for cows was 15.7, 24.3. and 12.0 kg DM cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> for BKO, BKC and MSP respectively.

For Experiment 2, mean yield at cutting for silage of the black oat crop was 3385 kg DM ha<sup>-1</sup> with no red clover yet present in the BKC plot.

MSP1 had a higher NHA than MSP2. The mean NHA in the multispecies pastures was 20.3 kg DM ha<sup>-1</sup>day<sup>-1</sup>, with a mean herbage availability of 6.8 kg DM cow<sup>-1</sup>day<sup>-1</sup>.

### *Chemical composition of feeds*

Table 2 shows the chemical composition of feeds in both experiments. Grazed BKO and BKC in Experiment 1 showed good quality, compared to MSP that only had a significant (P<0.05) higher CP content. In terms of IVDMD and eME, there were no differences (P>0.05) between the three treatments, due to the early development stage of black oat when grazed. Even though the proportion of red clover associated with black oat in the BKC treatment was low, CP content was 11 % higher, but without significant differences between the two black oat pastures (P>0.05).

Fibre contents (NDF and ADF) were higher in the MSP in Experiment 1 (Autumn) than in Experiment 2 (Spring). BOS had good nutritional quality, given that ensiling was early at heading; resulting its high IVDMD (723 g kg<sup>-1</sup> DM) and eME (10.7 MJ kg<sup>-1</sup> DM). Silage pH was 4.2, near the value of 4.0 to indicate a good silage preservation.

The leaf-stem ratio in a composite sample of the black oat crop (BKO and BKC) was 41 % of leaf and 59 % stem.

#### *Animal variables*

Table 3 shows results for animal variables for both experiments. There were no significant differences in either experiment for any variable (P>0.05).

Table 4 shows feed intakes in both Experiment 1 and 2. There were no differences (P>0.05) in herbage intake between BKO, BKC or MSP, or in total feed intake in Experiment 1.

In Experiment 2 there was a strong substitution effect with increasing BOS intake reducing MSP herbage intake from 4.8 to 1.1 kg DM cow<sup>-1</sup> but with no differences (P>0.05) in total DM intake.

There was no concentrate refusals in either experiment; and BOS refusals were highest in T3 with no differences between T1 and T2.

#### *Economic analyses*

Table 5 shows the costs and returns of Experiments 1 and 2. In Experiment 1, grazing MSP had slightly higher margins over feed costs, but similar feed costs per kg of milk than BKC and a higher income/feeding costs ratio. In Experiment 2, feeding costs increased and

margins were reduced with increased BOS. In all treatments in both experiments, the income/feeding costs ratio was above USD\$1.70.

## **Discussion**

### *Black oat silage yield*

DM yields of black oat at 68 days post sowing for a first cut silage for Experiment 2 were promising at 3385 kg DM ha<sup>-1</sup> under rain fed conditions. Once the NHA of the grazing treatments of BKO and BKC are added, with a mean of 2537 kg DM ha<sup>-1</sup> in 42 days, represents a total of 5922 kg DM ha<sup>-1</sup> in 110 days (53.8 kg DM ha<sup>-1</sup>day<sup>-1</sup>) of good quality silage and herbage.

These yields are higher than those reported by Silveira-Ferolla et al. (2007) in Brazil who obtained 2317 kg DM ha<sup>-1</sup> and 1169 kg DM ha<sup>-1</sup> in cutting and grazing respectively.

Celis-Alvarez et al. (2017) reported a higher yield for black oat Saia at first growth cut at 72 days post sowing (5288 kg DM ha<sup>-1</sup>) but on a small-plot experiment. When the grazing NHA is added, total yield of the black oat crop in the work herein reported was higher.

Yield for black oat in this work was also higher to that reported by Sánchez-Gutiérrez et al. (2014) in the north-central region of Mexico at first cut (4763 kg DM ha<sup>-1</sup>) at 106 days post sowing.

Restelatto et al. (2014) in Brazil evaluated the response of black oat to different fertilizer levels. The highest yield of 6000 kg DM ha<sup>-1</sup> was with 187 kg N ha<sup>-1</sup> and six cuts when the

crop was 25-30 cm in height, adequate for grazing. The first cut was at 58 days post sowing, and after 20 days on average for subsequent cuts.

Cerqueira-Luz et al. (2008) evaluated nitrogen fertilization and sprinkler irrigation on the yield of black oat with a maximum yield of 3626 kg DM ha<sup>-1</sup> under irrigation and 100 kg N ha<sup>-1</sup>; slightly more than the silage cut in the work herein reported not taking into account the herbage accumulated in Experiment 2 under grazing.

All these reports are below yields reported by Antonio-Pin et al. (2011), who reported six cuts to black oat with a maximum yield of 16755 kg DM ha<sup>-1</sup> sown in in autumn with a first cut at 54 days post sowing and a yield in that first cut of 3780 kg DM ha<sup>-1</sup>.

#### *Pasture variables in Experiment 1*

It is interesting to note a higher NHA in the grazed plot sown to black oat associated with red clover (the BKC treatment) even though red clover was only 4.8 % of DM, reflecting an early positive effect of including legumes like red clover in the seed mix.

In Experiment 1, NHA of 47 kg DM ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> for BKO and 73.3 kg DM ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> for BKC were higher than reports by Macari et al. (2006) who evaluated associations of black oat with annual ryegrass under grazing. Experimental animals started grazing at 40 days post sowing, and continuously grazed for 116 days. These authors reported a mean NHA of 38.5 kg DM ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, and 41.7 kg DM ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> for the varieties “IAPAR 61” and “Comum”.

Higher NHA for black oat under grazing were reported by Roso et al. (1999) evaluating grazed black oat associated with annual ryegrass with a NHA of 55.6 kg DM ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, and Gerdes et al. (2005) who evaluated black oat in a pasture mix for grazing and reported 113.9

kg DM ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> although black oat was associated with *Panicum máximum*, *Lolium multiflorum* and *Trifolium repens*.

NHA of MSP at 36.7 kg DM ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> was similar to reports by Burbano-Muñoz et al. (2018) on the same MSP. The proportion of leaf 41 % is higher to reports by Sánchez-Gutiérrez et al. (2014) who reported at 106 days post sowing 24.2 % of leaf, indicating a very mature black oat crop.

A high proportion of leaf is an indicator of good quality of the grazed herbage since leaves are less lignified than stems.

Mean height was 21.2 cm for BKO and 24.6 cm for BKC, similar to recommendations between 22 cm (Beratto-Medina et al., 2000) and 25 – 30 cm (Restelatto et al., 2014) for grazed black oat to achieve high DM yields and optimal nutritive quality.

Grass metre sward height in MSDP-1 at 4.4 cm was similar to reports from other work in the area (Burbano-Muñoz et al., 2018), although lower to a nominal target sward height of 5 cm, like the height (5.8 cm) reported by López-González et al. (2017) in similar pastures.

#### *Chemical composition of feeds*

##### Experiment 1

CP content of BKO at 135 g kg<sup>-1</sup> DM and 150 g kg<sup>-1</sup> DM for BKC cover the protein requirement for moderate and low yielding dairy cows, and are comparable to reports in the literature, although CP content may be up to 240 g kg<sup>-1</sup> DM with high nitrogen fertilization

(160 kg N ha<sup>-1</sup>) (De Carvalho-Peres et al., 2012; Salgado et al., 2013; Restelatto et al., 2014; Sánchez-Gutiérrez et al., 2014).

The BKC herbage had a higher although non-significant ( $P>0.05$ ) content of CP, maybe due to the contribution by the small amount of red clover in the grazed plot (4.8 % of DM). There are not many reports in the literature on black oat associated with legumes. Associating legumes with small grain cereals for forage production increased CP content.

NDF and ADF contents were similar to other work, although higher than reported by De Carvalho-Peres et al. (2012) and Salgado et al. (2013). Nunes-Do Prado et al. (2003) from work on black oat reported a range between 405 and 694 g kg<sup>-1</sup> DM, from 223 to 435 g kg<sup>-1</sup> DM for ADF, and from 87.4 to 210 g kg<sup>-1</sup> DM for CP. The best quality of forage in the latter study was from samples at 72 days post sowing while the lower quality was at 154 days post sowing.

Mean IVDMD values of 750 g kg<sup>-1</sup> DM for BKO and 776 g kg<sup>-1</sup> DM for BKC were slightly lower than reports by Restelatto et al (2014) for black oat in Brazil (786 g kg<sup>-1</sup> DM). Salgado et al. (2013) and Gomes-da Rocha et al. (2004) working with black oat, and Macari et al. (2006) who evaluated black oat associated to annual ryegrass reported lower digestibilities.

## Experiment 2

MSP variables in Experiment 2 showed higher CP content than reports by López-González et al. (2017) on those pastures. MSP were characterised by high quality herbage with high IVDMD, although low NHA and thus, low herbage available per cow.

The early cut ensured a good quality black oat silage (BOS), with a higher CP content than reports by Calabrò et al. (2003) for common oat silage; but similar to reports by Klosovski-Carneiro et al. (2017) from black oat silage (although pre-wilted) who also observed higher NDF content than in our experiment, but similar ADF content. Mattos-Leão et al. (2017) evaluated black oat silage in micro-silos over different storage times, and found higher NDF and ADF, and lower CP content than results herein reported.

IVDMD in BOS was higher than other reports from ensiled black oat, as Paris et al. (2015) and Mattos-Leão et al. (2017), both from work in Parana State in Brazil, demonstrating the feasibility of high quality black oat silage when cut at an early stage. IVDMD of MSP was also higher than values reported by López-González et al. (2017) in the same pastures.

The pH value of 4.2 in this work is below that reported by Klosovski-Carneiro et al. (2017), who evaluated the effect of two pre-drying methods for black oat silage reporting pH values of 4.3 for the chemical method, and 4.7 for the mechanical method. On the other hand, Paris et al. (2015) reported a lower pH value (3.9) for black oat silage in full flowering, after a five month storage.

Meteorological conditions during Experiment 2, at the height of the dry season, limited herbage growth and NHA, with only 26.5 kg DM ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> for MSP-1 and only 18.5 kg DM ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> for MSP-2. These figures are below the NHA reported by Burbano-Muñoz et al. (2018) in these pastures with a NHA between 32.5-52.6 kg DM ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> also in the dry season. Observed results may have been due to a lower grass metre sward height (4.3 cm in MSP-1 and 2.7 cm in MSP-2) than sward heights reported by Burbano-Muñoz et al. (2018).

### *Animal variables*

#### Experiment 1

There were no statistical differences ( $P>0.05$ ) for any of the animal variables evaluated in terms of milk yield, milk composition, live weight and body condition score. Milk composition parameters are within Mexican standards for raw milk.

Prospero-Bernal et al. (2017) documented how the implementation of grazing in these systems reduces costs and improves profitability, and therefore the economic scale of sustainability, the weak component in the sustainability of small-scale dairy systems (Fadul-Pacheco et al., 2013).

Milk yields ( $10.8 \text{ kg cow}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ) were due to the advanced stage of lactation of experimental cows, and lower than reports in these systems by López-González et al. (2017) who recorded mean milk yields of  $15.7 \text{ kg cow}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , and Plata-Reyes et al. (2018) who reported  $14.8 \text{ kg cow}^{-1} \text{ d}^{-1}$  from cows grazing cultivated pastures as the MSP treatment; but similar to milk yields reported by Sainz-Sánchez et al. (2017) from cows grazing native grasslands in the area.

Milk composition and MUN values are similar to reports from previous work in the study area (López-González et al., 2017; Sainz-Sánchez et al., 2017; Plata-Reyes et al., 2018).

Results of Experiment 1 therefore indicate the role that grazing black oat regrowth can have in small-scale dairy systems in central Mexico as an alternative forage crop to complement pastures or other forage sources. The fact that black oat may be grazed soon after sowing is attractive to farmers.

## Experiment 2

There were no statistical differences ( $P>0.05$ ) in animal variables due to different levels of BOS inclusion. Milk yields at  $15.2 \text{ kg cow}^{-1} \text{ d}^{-1}$  were higher than in Experiment 1, and near the  $15.5 \text{ kg cow}^{-1} \text{ d}^{-1}$  reported by Celis-Alvarez et al. (2016), but lower than  $18.8 \text{ kg cow}^{-1} \text{ d}^{-1}$  reported Burbano-Muñoz et al. (2018). These two works investigated the inclusion of common oat silage (*Avena sativa*) in small-scale dairy systems.

In terms of milk composition, results are similar to those presented in the latter two reports (Celis-Alvarez et al., 2016; Burbano-Muñoz et al., 2018).

## Conclusions

Regrowth of black oat (*Avena strigosa* cv. Saia) for grazing resulted in a high quality herbage comparable to an irrigated multispecies cultivated pasture, demonstrating that either grown alone or in association with red clover, it is an alternative feed source for small-scale dairy systems at the start of the dry season.

Black oat silage in Experiment 2 also proved a quality forage source that may complement grazing in the height of the dry season, with no differences between treatments, which enables small-scale dairy farmers to include black oat silage in their feeding strategies in the dry season, in amounts up to  $7.5 \text{ kg DM cow}^{-1} \text{ d}^{-1}$  to reduce grazing pressure in their limited pasture area. At a higher use of black oat silage, feeding costs increased, but the ratio of income over feed costs was positive with a ratio over USD\$  $0.70 \text{ kg DM}^{-1}$  for the three levels of black oat silage inclusion.

## References

- Antonio-Pin, E.; Brugnara-Soares, A.; Carlo-Posenti, J. and Maria-Ferrazza, J. 2011. Forage production dynamics of winter annual grasses sown on different dates. *Revista Brasileira de Zootecnia* 40: 509-517.
- Beratto-Medina, E.; Hazard-Torres, S.; Rojas-García, C.; Palma-González, J. C. and Romero-Yañes, O. 2000. Variedades de avena y su utilización en producción animal e industrial. *Boletín INIA* No. 34. Romero-Yañes, O. and Beratto-Medina, E. Temuco, Chile.
- Burbano-Muñoz, V. A.; López-González, F.; Estrada-Flores, J. G.; Sainz-Sánchez, P. A. and Arriaga-Jordán, C. M. 2018. Oat silage for grazing dairy cows in small scale dairy Systems in the highlands of central Mexico. *African Journal of Range and Forage Science* 35:1, 63-70, doi: 10.2989/10220119.2018.1473493.
- De Carvalho-Peres, A. A.; Brandão-De Carvalho, A. A.; Aquino-Barbosa-Carvalho, M. I.; Maldonado-Vasquez, H.; Coelho-Da Silva, J. F.; Cogo-Clipes, R. and Frota-Morenz, M. J. 2012. Production and quality of milk from Mantiqueira dairy cows feeding on Mombasa grass pasture and receiving different sources of roughage supplementation. *Revista Brasileira de Zootecnia* 41: 790-796.
- Calabrò, S.; Zicarelli, F.; Infascelli, F. and Piccolo, V. 2003. Kinetics fermentation and gas production of the neutral detergent-soluble fraction of fresh forage, silage and hay of *Avena sativa*. *Italian Journal of Animal Science* 2: 201-203.

- Celis-Alvarez, M. D.; López-González, F.; Estrada-Flores, J. G.; Domínguez-Vara, I. A.; Heredia-Nava, D.; Munguía-Contreras, A. and Arriaga-Jordán, C. M. 2017. Evaluación nutricional *in vitro* de forrajes de cereales de grano pequeño para sistemas de producción de leche en pequeña escala. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 20: 439-446.
- Celis-Alvarez, M. D.; López-González, F.; Martínez-García, C. G.; Estrada-Flores, J. G. and Arriaga-Jordán, C. M. 2016. Oat and ryegrass silage for small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico. *Tropical Animal Health and Production* 48:1129–1134, doi: 10.1007/s11250-016-1063-0.
- Cerqueira-Luz, P. H.; Rodrigues-Herling, V.; José-Braga, G.; Machado-Nogueira-Filho, J. C.; Abreu-Faria, L. and Gonçalves-de Lima, C. 2008. Resposta da aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) à irrigação por aspersão e adubação nitrogenada. *Acta Scientiarum Agronomy* 30: 421-426.
- Conroy, C. 2005. Participatory livestock research. Bourton-on-Dunsmore: ITDG Publishing. Warwickshire, UK.
- Dial, H. L. 2014. Plant guide for black oat (*Avena strigosa* Schreb.) USDA-Natural Resources Conservation Service, Tucson Plant Materials Center, Tucson, AZ.
- 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.

- Fadul-Pacheco, L.; Wattiaux, M. A.; Espinoza-Ortega, A.; Sánchez-Vera, E. and Arriaga-Jordán, C. M. 2013. Evaluation of sustainability of smallholder dairy production systems in the highlands of Mexico during the rainy season. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 37: 882-901. doi: 10.1080/21683565.2013.775990.
- Gerdes, L.; Barbosa-De Matos, H.; Werner, J. C.; Colozza, M. T.; Dos Santos, L. E.; Da Cunha, E. A.; Sartori-Bueno, M. and Aparecida-Schammas, E. 2005. Características do dossel forrageiro e acúmulo de forragem em pastagem irrigada de capim-aruaana exclusivo ou sobre-semeado com uma mistura de espécies forrageiras de inverno. *Revista Brasileira de Zootecnia* 34: 1088-1097.
- Gomes-Da Rocha, M.; Pilau, A.; Teixeira-Dos Santos, D.; Baptaglin-Montagner, D.; Kellerman-De Fritas, F. and Barcellos-De Pellegrini, C. 2004. Desenvolvimento de novilhas de corte submetidas a diferentes sistemas alimentares. *Revista Brasileira de Zootecnia* 33: 2123-2131.
- Hernández-Mendo, O. and Leaver, J. D. 2006. Production and behavioural responses of high- and low-yielding dairy cows to different periods of access to grazing or to a maize silage and soyabean meal diet fed indoors. *Grass and Forage Science* 61:335-346.
- Kaps, M. and Lamberson, W. 2004. Change-over designs. In: *Biostatistics for Animal Science*. Kaps, M. and Lamberson, W. Cromwell Press, Trowbridge.
- Klosovski-Carneiro, M.; Neumann, M.; Heker-Junior, J. C.; Henrique-Horst, E.; Matos-Leão, G. F.; Galbeiro, S.; and Poczynek, M. 2017. Mechanical and chemical dehydration for pre-drying of black oat silage. *Semina: Ciências Agrárias* 38: 981-995.

López-González, F.; Rosas-Dávila, M.; Celis-Alvarez, M. D.; Morales-Almaraz, E.;

Domínguez-Vara, I. A.; and Arriaga-Jordán, C. M. 2017. Milk production under grazing different pasture grasses in small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico. *Journal of Livestock Science* 8: 92-97.

Macari, S.; Gomes-Da Rocha, M.; Restle, J.; Pilau, A.; Kellerman-De Freitas, F. and Pereira-Neves, F. 2006. Evaluation of a mixture of black oats (*Avena strigosa* Schreb) cultivars with Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) under grazing. *Ciência Rural* 36: 910-915.

Martínez-Borrego, E. 2009. El estado de México: sus regiones y la producción de leche. p. 41-78. In: *La lechería en el Estado de México: sistema productivo, cambio tecnológico y pequeños productores familiares en la región de Jilotepec*. 1th ed. Bonilla Artigas Editores, México.

Martínez-García, C. G.; Rayas-Amor, A. A.; Anaya-Ortega, J. P.; Martínez-Castañeda, F. E.; Espinoza-Ortega, A.; Prospero-Bernal, F. and Arriaga-Jordán, C. M. 2015. Performance of small-scale dairy farms in the highlands of central Mexico during the dry season under traditional feeding strategies. *Tropical Animal Health and Production* 47: 331–337, doi: 10.1007/s11250-014-0724-0.

Mattos-Leão, G. F.; Cabreira-Jobim, C.; Neumann, M.; Horst, E. H.; Kamile-Dos Santos, S.; Venancio, B. J. and Santos, L. C. 2017. Nutritional composition and aerobic stability of winter cereal silage at different storage times. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* 39: 131-136.

- Miguel, M.F.; Ribeiro-Filho, H.M.N.; de Andrade, E-A.; Moraes Genro, M.T. and Delagarde, R. 2014. Pasture intake and milk production of dairy cows grazing annual ryegrass with or without corn silage supplementation. *Animal Production Science* 54: 1810-1816.
- Mwendia, S. W.; Maass, B. L.; Njenga, D. G.; Nyacundi, F. N. and Notenbaert, A. M. O. 2017. Evaluating oat cultivars for dairy forage production in the central Kenyan highlands. *African Journal of Range and Forage Science*, 34: 145-155, doi: 10.2989/10220119.2017.1358214.
- Nunes-Do Prado, I.; Barros-Moreira, F.; Cecato, U.; Yoshimi-Wada, F.; De Oliveira, E. and De Almeida-Rego, F. C. 2003. Sistemas para crescimento e terminação de bovinos de corte a pasto: avaliação do desempenho animal e características da forragem. *Revista Brasileira de Zootecnia* 32: 955-965.
- Paris, W.; Zamarchi, G.; Pavinato, P. S. and Martin, T. N. 2015. Qualidade da silagem de aveia preta sob efeito de estádios fenológicos, tamanhos de partícula e pré-murchamento. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 16: 486-498.
- Pérez-Prieto, L.A.; Peyraud, J.L. and Delagarde, R. 2012. Does pre-grazing herbage mass really affect herbage intake and milk production of strip-grazing dairy cows? *Grass and Forage Science* 68: 93-109.
- Plata-Reyes, D. A.; Morales-Almaraz, E.; Martínez-García, C. G.; Flores-Calvete, G.; López-González, F.; Próspero-Bernal, F.; Valdez-Ruiz, C. L.; Zamora-Juárez, Y. G. and Arriaga-Jordán, C. M. 2018. Milk production and fatty acid profile of dairy cows grazing

four grass species pastures during the rainy season in small-scale dairy Systems in the highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, doi: 10.1007/s11250-018-1621-8. (Published on-line).

Ramírez-Ordóñez, S.; Domínguez-Díaz, D.; Salmerón-Zamora, J. J.; Villalobos-Villalobos, G. and Ortega-Gutiérrez, J. A. 2013. Producción y calidad de forraje de variedades de avena en función del sistema de siembra y de la etapa de madurez al corte. *Revista Fitotecnia Mexicana* 36: 395-403.

Restelatto, R.; Pavinato, P. S.; Sartor, L. R. and Paixão, S. J. 2013. Production and nutritional value of sorghum and black oat forages under nitrogen fertilization. *Grass and Forage Science* 69: 693–704, doi: 10.1111/gfs.12076.

Roso, C.; Restle, J.; Brugnara-Soares, A.; Alves-Filho, D. C. and Brondani I. L. 1999. Produção e qualidade de forragem da mistura de gramíneas anuais de estação fria sob pastejo contínuo. *Revista Brasileira de Zootecnia* 28: 459-467.

Sainz-Sánchez, P. A.; López-González, F.; Estrada-Flores J. G.; Martínez-García, C. G. and Arriaga-Jordán, C. M. 2017. Effect of stocking rate and supplementation on performance of dairy cows grazing native grassland in small-scale systems in the highlands of central Mexico. *Tropical Animal Health and Production* 49: 179–186, doi: 10.1007/s11250-016-1178-3.

Salgado, P.; Le Hoa, B.; Trant, V. T.; Vu Chi, C.; Faye, B. and Lecompte, P. 2010. Identifying suitable temperate grass species and cultural practices for herbage production

in the mountain regions of North Vietnam. *Grass and Forage Science* 65, 110–120, doi: 10.1111/j.1365-2494.2009.00724.x.

Salgado, P.; Thang, V. Q.; Thu, T. V.; Tranch, N. X.; Cuong, V. C.; Lecomte, P. and Richard, D. 2013. Oats (*Avena strigosa*) as winter forage for dairy cows in Vietnam: an on-farm study. *Tropical Animal Health and Production* 45: 561–568, doi: 10.1007/s11250-012-0260-8.

Sánchez-Gutiérrez, R. A.; Gutiérrez-Bañuelos, H.; Serna-Pérez, A.; Gutiérrez-Luna, R. and Espinoza-Canales, A. 2014. Producción y calidad de forraje de variedades de avena en condiciones de temporal en Zacatecas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 5: 131-142.

Silveira-Ferolla, F.; Maldonado-Vásquez, H.; Coelho-Da Silva, J. F.; Pio-Viana, A.; Nogueira-Domínguez, F. and da Silva-Aguilar, R. 2007. Produção de matéria seca, composição da massa de forragem e relação lâmina foliar/caule + bainha de aveia-preta e triticales nos sistemas de corte e de pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36: 1512-1517.

Table 1 – Net herbage accumulation (NHA) and height (cm) in Experiments 1 and 2.

Experimental Periods					
		1	2	3	
Experiment 1		NHA (kg DM ha <sup>-1</sup> )			Total
BKO		519	1010	487	2016
BKC		871	838	1349	3058
MSP-1		420	676	420	1541
		NHA per day (kg DM ha <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )			Media
BKO		37	72	34	47
BKC		62	59	99	73
MSP-1		31	48	30	36
		Height (cm)			Mean
BKO		27.0	27.3	18.4	24.2
BKC		27.3	29.9	16.6	24.6
MSP-1		4.4	4.6	4.3	4.4
Experiment 2		NHA (kg DM ha <sup>-1</sup> )			Total
MSP-1		124	403	586	1113
MSP-2		180	326	275	781

*Avena strigosa* cv. Saia como alternativa a la alimentación de vacas lecheras en Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala, en el Noroeste del Estado de México

	NHA per day (kg DM ha <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )			Media
MSP-1	8	28	41	25
MSP-2	12	23	19	18
	Height (cm)			Media
MSP-1	5.0	3.8	4.1	4.3
MSP-2	3.0	2.6	2.5	2.7

BKO: black oat pasture; BKC: black oat with red clover; MSP: multi-species pasture.

Table 2 – Chemical composition of feeds.

Experiment 1						
	BKO	BKC	MSP	Mean	SEM	Concentrate
DM (g kg <sup>-1</sup> )	227 <sup>b</sup>	233 <sup>b</sup>	189 <sup>a</sup>	216	479*	915
OM (g kg <sup>-1</sup> DM)	897 <sup>c</sup>	892 <sup>b</sup>	878 <sup>a</sup>	889	0.30*	846
CP (g kg <sup>-1</sup> DM)	135 <sup>a</sup>	150 <sup>b</sup>	210 <sup>c</sup>	165	9.2*	219
NDF (g kg <sup>-1</sup> DM)	542	534	497	524	11.4 <sup>NS</sup>	244
ADF (g kg <sup>-1</sup> DM)	275	280	261	272	5.4 <sup>NS</sup>	75
IVDMD (g kg <sup>-1</sup> DM)	750	776	794	773	15.6 <sup>NS</sup>	811
eME (MJ kg <sup>-1</sup> DM)	11.1	11.5	11.8	11.4	1.7 <sup>NS</sup>	12.0
Experiment 2						
	BOS	MSP-1	MSP-2	Concentrate		
DM (g kg <sup>-1</sup> )	195	213	212	922		
OM (g kg <sup>-1</sup> DM)	874	894	871	859		
CP (g kg <sup>-1</sup> DM)	94	213	240	205		
NDF (g kg <sup>-1</sup> DM)	586	464	449	208		
ADF (g kg <sup>-1</sup> DM)	380	216	202	72		
IVDMD (g kg <sup>-1</sup> DM)	723	813	780	891		
eME (MJ kg <sup>-1</sup> DM)	10.7	12.0	11.6	13.1		

pH 4.2

---

BKO: black oat pasture; BKC: black oat with red clover; MSP: multi-species pasture; BOS: black oat silage.

T1: 2.5 kg DM cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> black oat silage; T2: 5.0 kg DM cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> black oat silage; T3: 7.5 kg DM cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> black oat silage.

SEM: Standard Error of the Mean. <sup>NS</sup> P>0.05; \*P<0.05. <sup>a,b,c</sup> P<0.05

Table 3 – Animal variables.

	Treatments			SEM
	BKO	BKC	MSP	
<b>Experiment 1</b>				
Milk yield (kg cow <sup>-1</sup> day <sup>-1</sup> )	10.9	10.9	10.6	0.49 <sup>NS</sup>
Milk fat (g kg <sup>-1</sup> )	38.0	37.4	37.9	0.17 <sup>NS</sup>
Milk protein (g kg <sup>-1</sup> )	31.2	31.2	31.1	0.05 <sup>NS</sup>
Lactose (g kg <sup>-1</sup> )	45.0	46.2	44.8	0.10 <sup>NS</sup>
MUN (mg dl <sup>-1</sup> )	12.1	12.1	12.9	1.41 <sup>NS</sup>
Live weight (kg)	515.9	515.9	505.3	3.61 <sup>NS</sup>
Body condition score	2.6	2.7	2.7	0.06 <sup>NS</sup>
	Treatments			SEM
	T1	T2	T3	
<b>Experiment 2</b>				
Milk yield (kg cow <sup>-1</sup> day <sup>-1</sup> )	15.0	15.3	15.2	0.33 <sup>NS</sup>
Milk fat (g kg <sup>-1</sup> )	29.8	30.1	29.5	0.05 <sup>NS</sup>
Milk protein (g kg <sup>-1</sup> )	32.8	32.5	32.3	0.02 <sup>NS</sup>
Lactose (g kg <sup>-1</sup> )	47.0	47.1	46.6	0.03 <sup>NS</sup>
MUN (mg dl <sup>-1</sup> )	10.4	10.8	12.5	0.94 <sup>NS</sup>

*Avena strigosa* cv. Saia como alternativa a la alimentación de vacas lecheras en Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala, en el Noroeste del Estado de México

---

Live weight (kg)	481.9	480.7	484.2	4.75 <sup>NS</sup>
Body condition score	2.5	2.4	2.6	0.05 <sup>NS</sup>

---

BKO: black oat pasture; BKC: black oat with red clover; MSP: multi-species pasture.

T1: 2.5 kg DM cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> black oat silage; T2: 5.0 kg DM cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> black oat silage; T3: 7.5 kg DM cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> black oat silage.

SEM: Standard Error of the mean. <sup>NS</sup> P>0.05.

Table 4 – Feed intake (kg DM cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>)

Experiment 1	Treatments			
	BKO	BKC	MSP	SEM
Concentrate	4.5	4.5	4.5	
Herbage	6.2	5.7	5.6	0.34 <sup>NS</sup>
Total Intake	10.8	10.3	10.1	0.45 <sup>NS</sup>
Experiment 2	Treatments			
	T1	T2	T3	SEM
Concentrate	4.6	4.6	4.6	
BOS intake	1.4	4.1	5.3	
BOS refusal	1.0	0.8	2.1	
Herbage intake	4.8	2.4	1.1	0.30**
Total Intake	10.7	11.1	11.0	0.22 <sup>NS</sup>

BKO: black oat pasture; BKC: black oat with red clover; MSP: multi-species pasture; BOS: black oat silage.

T1: 2.5 kg DM cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> black oat silage; T2: 5.0 kg DM cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> black oat silage; T3: 7.5 kg DM cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> black oat silage.

SEM: Standard Error of the mean. <sup>NS</sup> P>0.05; \*\*P<0.01

Table 5 – Feeding costs and returns in Experiments 1 and 2 (USD\$)

	Experiment 1			Experiment 2		
	BKO	BKC	MSP	T1	T2	T3
Concentrate (USD\$)	172.41	172.41	172.41	181.61	181.61	181.61
Pasture (USD\$)	21.15	16.49	6.93	14.25	7.18	3.50
Black oat silage (USD\$)	-	-	-	22.39	67.01	84.77
Total feeding costs (USD\$)	193.57	188.91	179.34	218.26	255.82	269.87
Total milk yield (kg)	1374.6	1374.6	1341.9	1535.6	1681.4	1723.2
Selling price (USD\$ kg <sup>-1</sup> milk)	0.25	0.25	0.25	0.27	0.27	0.27
Total income from milk sales (USD\$)	355.41	355.41	346.94	419.50	459.32	470.73
Total margins over feeding costs (USD\$)	161.83	166.49	167.59	201.24	203.50	200.83
Feeding costs per kg milk (USD\$ kg <sup>-1</sup> milk)	0.14	0.13	0.13	0.14	0.15	0.15
Margin over feeding costs (USD\$ kg <sup>-1</sup> milk)	0.11	0.12	0.12	0.13	0.12	0.11
Income/feeding costs (USD\$)	1.83	1.88	1.93	1.92	1.79	1.74

BKO: black oat pasture; BKC: black oat with red clover; MSP: multi-species pasture.

T1: 2.5 kg DM cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> black oat silage; T2: 5.0 kg DM cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> black oat silage; T3: 7.5 kg DM cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> black oat silage.

### **7.3. Informe de actividades: Estancia Académica en el Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM)**

Toluca, Estado de México

Agosto de 2018

**DRA. EN. C. MARÍA CRISTINA CHÁVEZ MEJÍA**  
**COORDINADORA DEL PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO**  
**EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**  
**PRESENTE**

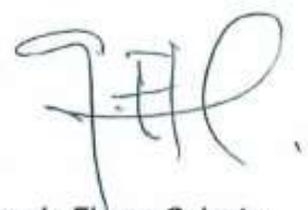
**Apreciable Dra. Chávez Mejía**

Por medio del presente entrego mi reporte de actividades durante la Estancia Académica llevada a cabo del 16 de Abril al 13 de Julio de 2018 en el **Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM)**, bajo la tutoría externa del **Jefe del Departamento de Pastos y Forrajes, Dr. Gonzalo Flores Calvete**. Las actividades formativas se realizaron tanto en este departamento como en la unidad de producción de leche, siendo supervisada por el Dr. César Resch Zafra, responsable de la misma.

Las actividades se enmarcan principalmente dentro de los trabajos de ejecución del proyecto europeo **INTERREG-EAPA-307/2016**, acrónimo "Dairy-4-future", con título "**Propagating innovations for more resilient farming in the Atlantic area**".

Sin más por el momento le hago llegar un cordial saludo y quedo atento a cualquier duda o aclaración.

  
**MVZ. Jesús Israel Vega García**

  
**Vo. Dr. Gonzalo Flores Calvete**

Jefe del Departamento de Pastos y Forrajes-CIAM

## **REPORTE DE ACTIVIDADES DE LA ESTANCIA ACADÉMICA**

Como se menciona en la página principal, las actividades que se realizaron se enmarcan principalmente en el proyecto europeo INTERREG–EAPA–307/2016, acrónimo “Dairy-4-future”, con título “Propagating innovations for more resilient farming in the Atlantic área”. En el ensayo que se lleva a cabo en CIAM se pretende evaluar las diferentes estrategias de alimentación que se llevan a cabo en Galicia mediante la respuesta productiva (una lactación completa) de vacas Holstein en cinco diferentes tratamientos (estrategias de alimentación):

**Estrategia 1:** Estabulación con alimentación a base de ensilado de maíz y ensilado de raigrás inglés.

**Estrategia 2:** Estabulación con alimentación a base de ensilado de maíz y ensilado de raigrás inglés asociado con leguminosas.

**Estrategia 3:** Estabulación con alimentación a base de ensilado de sorgo y ensilado de raigrás asociado con leguminosas.

**Estrategia 4:** Alimentación a base de pastoreo de pradera de raigrás híbrido asociado con trébol violeta.

**Estrategia 5:** Alimentación a base de pastoreo de pradera de raigrás inglés.

La colaboración se centró en las siguientes actividades:

- a) Alimentación con raciones *unifeed* a los grupos de vacas lecheras en estabulación. Medida de la ingesta individual en comederos automáticos y en el sistema de puertas Calan.Broadbent. Toma de muestras de ingredientes de las raciones.**

Dicha alimentación se llevó a cabo diariamente, por la mañana. El proceso consiste en proporcionar el alimento de acuerdo al tratamiento, dividiendo el total de la ración en tres comederos.

Para la Estrategia 1, el total de la ración consistía en 421 kgMF, componiéndose por 173 kg de ensilado de maíz, 201 kg de raigrás inglés, 4 kg de heno, 18 kg de concentrado y 24 kg de soja. En promedio cada uno de los tres comederos debería iniciar con 140.3 kgMF.

Para la Estrategia 2, el total de la ración consistía en 434 kgMF, componiéndose dicha ración por 158 kg de ensilado de maíz, 231 kg de raigrás asociado con cuatro leguminosas (*Trifolium risupinatum*, *Trifolium encarnatum*, *Trifolium micheliano* y *Ornitopus serradella*), 3 kg de heno, 18 kg de concentrado y 15 kg de soja. En promedio cada uno de los comederos debería iniciar el día con 144.6 kgMF de alimento.

Para la Estrategia 3, el total de la ración para las seis vacas consistía en 493 kgMF de alimento; componiéndose por 211 kg de ensilado de raigrás asociado con cuatro leguminosas (*Trifolium risupinatum*, *Trifolium encarnatum*, *Trifolium micheliano* y *Ornitopus serradella*), 237 kg de ensilado de sorgo, 3 kg de heno, 27 kg de

concentrado y 15 kg de soja. Cada uno de los tres comederos debería contener 164.3 kgMF de alimento al iniciar el día.

Como se menciona anteriormente estos grupos de vacas permanecen en estabulación todo el día. El alimento que se les proporciona al día es pesado en los comederos mediante básculas digitales, estas básculas mediante un programa registran la cantidad de alimento que come cada vaca al día ya que cada vaca cuenta con un sensor individual que se registra cada que su cabeza entra al comedero; cuando la vaca sale el peso del alimento es diferente y el programa registra la diferencia de peso. Esto pasa con cada una de las vacas en estos tratamientos por lo que se estima así el consumo de cada vaca.

A cada uno de los tratamientos se tomaban muestras de la ración para obtener MS y análisis bromatológicos. Esta muestra de 300-350 g se obtenía de cada uno de los tres comederos y de diferentes partes del mismo.

- b) En los grupos de vacas en pastoreo, manejo del pastoreo rotacional sobre praderas de raigrás híbrido y raigrás asociado con trébol violeta. Medidas sobre el pasto; determinación de pasto en oferta (pre-post pastoreo), movimiento del ganado basado en la altura del forraje en la pradera, medidas de densidad, determinación de áreas para ensilado (*buffer-grazing*).**

Las vacas en las estrategias 4 y 5 pastaban 24 horas sus respectivas praderas.

El manejo de pastoreo rotacional, como su nombre lo indica consistía en rotar los dos grupos de vacas (raigrás híbrido y raigrás asociado con trébol violeta) en pastoreo a

una parcela diferente diariamente. Las medidas de esta parcela podrían variar dependiendo de la densidad y altura del forraje.

Estas parcelas eran delimitadas mediante cerco eléctrico a las mismas se les tomaba la altura y se tomaban muestras antes y después de que fuesen pastoreadas. El procedimiento consistía en hacer tres tomas de muestra por parcela a través de un cuadrante (0.36 m<sup>2</sup>). El cuadrante era ubicado al azar tres veces en la parcela, dentro del cuadrante se tomaba la altura del forraje mediante 5 mediciones por medio de una regla y una medición mediante un pastómetro, posteriormente el área de este cuadrante se cortaba. Además de las tomas de altura de los cuadrantes, se hacían 20 mediciones a lo largo de la parcela y se tomaba una muestra general del forraje (300 g en promedio) simulando el pastoreo de las vacas, esta muestra se utilizaba para el respectivo análisis bromatológico.

**c) Procesado de muestras previas para análisis. Secado en estufas de gran capacidad, determinación del contenido de materia seca, molienda de muestras secas.**

Todas las muestras de forraje tomadas, incluyendo las muestras de las raciones *unifeed*, las muestras de los cuadrantes antes y después de que las vacas pastaran las parcelas y las muestras del pastoreo simulado eran pesadas y colocadas en bandejas para posteriormente secarlas en una estufa de gran capacidad a una temperatura de 60 °C por 24 horas. La diferencia entre el peso en materia fresca y el peso posterior al secado nos brinda el contenido de materia seca.

Cabe mencionar que de las muestras de los cuadrantes tomadas antes de que las vacas comenzaran a pastar se determinaba la composición botánica dividiendo el total de la muestra en pasto, otras y trébol (sólo en el caso de la parcela donde el pasto estaba asociado).

**d) Registro de espectros NIRS, obtención de predicciones de valor nutricional de forrajes frescos y ensilados.**

Se colaboró al análisis de alimentos mediante la técnica de Espectroscopía de Reflectancia en la Región de Infrarojo (NIRS) por sus siglas en inglés utilizando el equipo al analizar muestras de forrajes.

**e) Colaboración en las determinaciones *in vivo* con ovinos alojados en jaulas metabólicas.**

Este ensayo se llevó a cabo por 14 días (1 -14 de junio). Tres días de adaptación a las jaulas metabólicas y a la alimentación y 11 días de control; el ensayo consistió en cuatro tratamientos:

- Tratamiento control: sin extracto de candeas (flor masculina de los castaños)
- Dosis baja: 1 mg de extracto de candeas por kg de peso vivo del animal
- Dosis media: 2 mg de extracto de candeas por kg de peso vivo del animal
- Dosis alta: 3 mg de extracto de candeas por kg de peso vivo del animal

En cada uno de los grupos había cinco animales; normalmente estos ensayos se hacen con seis animales por tratamiento, pero debido a los ataques a las ovejas por parte de

perros, sólo se pudo contar con cinco ovinos por tratamiento. Los ovinos son machos castrados adultos (más de dos años). Los ovinos fueron colocados de forma individual en jaulas elevadas donde se le suministraba bebida y el alimento.

El nivel de alimentación que se usó en el ensayo fue a mantenimiento, es decir en función del peso vivo de cada uno de los animales y de la materia seca de la ración es la cantidad de alimento que se brindaba a los animales.

El ensayo control consistió en la alimentación a las ovejas durante once días por la mañana; al día siguiente se colectan las heces, los orines y el alimento rechazado para posteriormente pesarlo. De las heces, orines y el alimento se tomaba una muestra de 100 g (100ml en el caso de los orines) para ser analizado posteriormente. Cabe mencionar que de la ración también se colectó una muestra para su análisis de laboratorio.

Antes de ser analizadas las muestras fueron preparadas para su determinación de materia seca. Es importante mencionar que las muestras de heces y rechazos de cada animal y de cada uno de los 11 días fueron mezcladas para tomar dos muestras de 300 g y así determinar la materia seca.

Las muestras de alimentos se analizarían bromatológicamente por medio de la técnica de Espectroscopía de Reflectancia en la Región de Infrarojo (NIRS) y a las heces se determinaría proteína bruta por medio de la técnica micro kjeldahl.

**f) Ejecución de ensayos con silos de laboratorio. Efecto del pre secado y el uso de inoculante sobre la calidad de los ensilados de los cultivos de invierno: Raigrás vs mezcla de tréboles anuales asociados a raigrás.**

El objetivo de este ensayo fue seguir la evolución de producción y calidad del forraje de acuerdo a la fecha de corte y la evaluación de micro silos con el forraje producido. Para esto se usaron dos praderas: una pradera monófito (raigrás italiano) y una pradera polífito (raigrás híbrido asociado a tres tréboles, *Trifolium incarnatum*, *Trifolium risupinatum* y *Trifolium micheliano*). En cada una de las dos praderas se delimitó un área de 37 x 27 m. Posteriormente en esta área se delimitaron 25 cuadrantes de 5 x 3 m; de estos cuadrantes se cortó el forraje para los análisis (cinco cuadrantes al azar cada semana durante cinco semanas) y los microsilos.

Corte de parcelas: con una cortadora motorizada se eliminó un área del largo de la parcela y posteriormente se cortó longitudinalmente un ancho de 0.9 m a lo largo de la parcela y se pesó el total cortado para determinar el rendimiento por hectárea. Del total cortado se extrajeron dos muestras, una para moler y posteriormente obtener muestras para micro-silos y poder tampón (5 kg aproximadamente) y una más (3kg) para composición botánica y materia seca.

-Después de moler la primera muestra se obtienen 2,6 kg de esta para preparar los microsilos. Se prepararon un microsilos por cuadrante cada semana de los cinco cuadrantes que se cortaban, es decir, en la primera semana se prepararon 10 micro

silos, de las cinco microparcels de las dos parcelas en evaluación; en total se prepararon 65 microsilos (15 con inoculante)

Preparación de microsilos: con una picadora de forraje se obtiene una muestra de aproximadamente 2.6 kg con un tamaño de partícula menor a 2 cm. En el caso de los microsilos que llevan inoculante se agrega este a la muestra y se homogeniza. De esta muestra se toman 300 g para obtener materia seca y el resto se utiliza para el micro silo. Los microsilos se preparan en una bolsa de polietileno y dentro de un tubo PVC que realiza la función de contenedor; cuando el forraje es compactado dentro de la bolsa que a su vez ya se encuentra dentro del tubo, en el extremo se colocan dos rejillas de diferente tamaño (que servirán como colador del efluente) y la tapa con un sistema especial integrado de forma que no permite que entre gas al microsilos pero sí que salga el efluente. Cabe mencionar que todo el material se pesa antes de colocar el forraje al microsilos ya que de esta forma se lleva el registro de la salida del efluente que nos permitirá conocer la pérdida de efluente y así la materia seca del mismo.

**Nota:** como resultado principal se realizó el trabajo “Efecto de la fecha de corte sobre rendimiento y calidad nutritiva de cultivos de invierno: RG (Raigrás híbrido) vs R3L (Mezcla de tres tréboles anuales asociados con Raigrás italiano)” del cual se redactará una comunicación para ser presentada en un congreso o reunión que aún está en proceso de elección.

## VIII. CONCLUSIONES GENERALES

Para el Experimento 1 no existieron diferencias entre los tres tratamientos evaluados: pastoreo del rebrote de avena negra, rebrote de avena asociado con trébol rojo y una pradera polífito compuesta por pastos de clima templado asociados con trébol blanco, en términos de rendimiento y la composición química de la leche (grasa, proteína, lactosa y nitrógeno ureico en leche); peso vivo y condición corporal de vacas lecheras; aunado a esto, los análisis bromatológicos indican que el rebrote de *Avena strigosa* es un forraje de alta calidad por lo que se concluye que es viable su utilización como alternativa para alimentación de vacas lecheras de rendimiento moderado en época de sequía en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el altiplano central de México.

Para el Experimento 2 tampoco existieron diferencias entre los tratamientos por lo que la respuesta productiva de las vacas en cuanto a rendimiento de leche, composición química de la leche (grasa, proteína, lactosa y nitrógeno ureico en leche), peso vivo y condición corporal de las vacas resulta independiente de la cantidad de ensilado de *Avena strigosa* cv. Saia (2.5, 5.0 y 7.5 kg MS) con que sean alimentadas; aunque de acuerdo con el análisis de costos, mayor uso de ensilado sí aumenta los costos de producción.

Se concluye que *Avena strigosa* cv. Saia es un alimento versátil ya que puede usarse en los sistemas de producción de leche en pequeña escala, ya sea en forma de pastoreo de su rebrote como en la inclusión de su ensilado dando margen de ganancia a los productores según el análisis de costos.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBARRÁN, B., GARCÍA, A., ESPINOZA, A., ESPINOSA, E. Y ARRIAGA, C.M. (2012) Maize silage in the dry season for grazing dairy cows in small-scale productions systems in Mexico's highlands. *Indian Journal Animal Research*, **46**, 317-324.
- ANTONIO-PIN, E., BRUGNARA-SOARES, A., CARLO-POSENTI, J. Y MARIA-FERRAZZA, J. (2011) Forage production dynamics of winter annual grasses sown on different dates. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **40**, 509-517.
- ARRIAGA-JORDÁN, C.M., ALBARRAN-PORTILLO, B., GARCÍA-MARTÍNEZ, A. Y CASTELÁN-ORTEGA, O.A. (2002) On-farm comparison of feeding strategies based on forages for small-scale dairy production systems in the highlands of central Mexico. *Experimental Agriculture*, **38**, 375-388.
- BERATTO-MEDINA, E., HAZARD-TORRES, S., ROJAS-GARCÍA, C., PALMA-GONZÁLEZ, J. C. Y ROMERO-YAÑES, O. (2000) Variedades de avena y su utilización en producción animal e industrial. Boletín INIA No. 34. Romero-Yañes, O. and Beratto-Medina, E. Temuco, Chile.
- BURBANO-MUÑOZ, V. A., LÓPEZ-GONZÁLEZ, F., ESTRADA-FLORES, J. G., SAINZ-SÁNCHEZ, P. A. Y ARRIAGA-JORDÁN, C. M. (2018) Oat silage for grazing dairy cows in small scale dairy Systems in the highlands of central Mexico. *African Journal of Range and Forage Science*, **35**, 63-70, doi: 10.2989/10220119.2018.1473493.

CALABRÒ, S., ZICARELLI, F., INFASCELLI, F. Y PICCOLO, V. (2003) Kinetics fermentation and gas production of the neutral detergent-soluble fraction of fresh forage, silage and hay of *Avena sativa*. *Italian Journal of Animal Science*, **2**: 201-203.

DE CARVALHO-PERES, A. A., BRANDÃO-DE CARVALHO, A. A., AQUINO-BARBOSA-CARVALHO, M. I., MALDONADO-VASQUEZ, H., COELHO-DA SILVA, J. F., COGOCLIPES, R. Y FROTA-MORENZ, M. J. (2012) Production and quality of milk from Mantiqueira dairy cows feeding on Mombasa grass pasture and receiving different sources of roughage supplementation. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **41**, 790-796.

CELIS-ALVAREZ, M. D., LÓPEZ-GONZÁLEZ, F., ESTRADA-FLORES, J. G., DOMÍNGUEZ-VARA, I. A., HEREDIA-NAVA, D., MUNGUÍA-CONTRERAS, A. Y ARRIAGA-JORDÁN, C. M. (2017) Evaluación nutricional in vitro de forrajes de cereales de grano pequeño para sistemas de producción de leche en pequeña escala. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, **20**, 439-446.

CELIS-ALVAREZ, M. D., LÓPEZ-GONZÁLEZ, F., MARTÍNEZ-GARCÍA, C. G., ESTRADA-FLORES, J. G. Y ARRIAGA-JORDÁN, C. M. (2016) Oat and ryegrass silage for small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, **48**:1129–1134, doi: 10.1007/s11250-016-1063-0.

CERQUEIRA-LUZ, P. H., RODRIGUES-HERLING, V., JOSÉ-BRAGA, G., MACHADO-NOGUEIRA-FILHO, J. C., ABREU-FARIA, L. Y GONÇALVES-DE LIMA, C. (2008)

Resposta da aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) à irrigação por aspersão e adubação nitrogenada. *Acta Scientiarum Agronomy*, **30**: 421-426.

CHAMBERLAIN, A.T., Y WILKINSON. (2002) Alimentación de la Vaca Lechera. Zaragoza, España: Acriba.

CHANEY, L. Y MARBACH, E. (1962) Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clinical Chemistry*. 130–132.

CONROY, C. (2005) Participatory livestock research. Bourton-on-Dunsmore: ITDG Publishing. Warwickshire, UK.

DEBIASI, H., DUBAL-MARTINS, J., Y MISSO, E.L. (2007) Produtividade de grãos e componentes do rendimento da aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) afetados pela densidade e velocidade de semeadura. *Ciencia Rural*, **37**, 649-655.

DIAL, H. L. (2014) Plant guide for black oat (*Avena strigosa* Schreb.) USDA-Natural Resources Conservation Service, Tucson Plant Materials Center, Tucson, AZ.

DI MARCO, O. (2011) Estimación de calidad de los forrajes, 20(240)-1, Facultad de Ciencias Agrarias, Argentina. [http://www.produccion-animal.com.ar/tablas\\_composicion\\_alimentos/45-calidad.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/45-calidad.pdf) (06 de Septiembre de 2018).

ECKERT R, RANDALL D, Y AUGUSTINE G. (1994) *Fisiología Animal*. Interamericana McCraw Hill. Impreso en España. ISBN: 84-7615-436-0.

ERGÓN, A., KIRWAN, L., BLEKEN, M.A., SKJELBAG, A.O., COLLINS, R.P., Y ROGNLI O.A.

(2016) Species interactions in a grassland mixture under low nitrogen fertilization and two cutting frequencies: 1.dry-matter yield an dynamics of species composition. *Grass and Forage Science* doi: 10.1111/gfs.12250

ESPINOZA-ORTEGA, A., ESPINOSA-AYALA, E., BASTIDA-LÓPEZ, J., CASTAÑEDA-MARTÍNEZ, T. Y ARRIAGA-JORDÁN C., (2007) Small-scale dairy farming in the highlands of central Mexico: Technical, economic and social aspects and their impact on poverty. *Experimental Agriculture*, **43**, 241-256.

FADUL-PACHECO, L., WATTIAUX, M.A., ESPINOZA-ORTEGA, A., SÁNCHEZ-VERA, E. Y ARRIAGA-JORDÁN, C.M. (2013) Evaluation of sustainability of smallholder dairy production systems in the highlands of Mexico during the rainy season. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, **37**, 882–901.

FLORES-CALVETE, G., GONZÁLEZ-ARRÁEZ, A., CASTRO-GONZÁLEZ, J., CASTRO-GARCÍA, P., CARDELLE-CAMPOS, M., FERNÁNDEZ-LORENZO, B., Y VALLADARES-ALONSO, J. (2003) Evaluación de métodos de laboratorio para la predicción de la digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica de ensilajes de hierba y planta entera de maíz. *Pastos*, **33**, 5-26.

GERDES, L., BARBOSA-DE MATOS, H., WERNER, J. C., COLOZZA, M. T., DOS SANTOS, L. E., DA CUNHA, E. A., SARTORI-BUENO, M. Y APARECIDA-SCHAMMASS, E. (2005) Características do dossel forrageiro e acúmulo de forragem em pastagem irrigada de

capim-aruaana exclusivo ou sobre-semeado com uma mistura de espécies forrageiras de inverno. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **34**, 1088-1097.

GIRALDO, L.A., GUTIÉRREZ, L.A., Y RÚA C. (2007) Comparación de dos técnicas *in vitro* e *in situ* para estimar la digestibilidad verdadera en varios forrajes tropicales. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, **20**, 269-279.

GOMES-DA ROCHA, M., PILAU, A., TEIXEIRA-DOS SANTOS, D., BAPTAGLIN-MONTAGNER, D., KELLERMAN-DE FRITAS, F. Y BARCELLOS-DE PELLEGRINI, C. (2004) Desenvolvimento de novilhas de corte submetidas a diferentes sistemas alimentares. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **33**, 2123-2131.

GRUPO OCEANO. (2005) Gran Biblioteca Océano: enciclopedia temática. Editorial Océano. Impreso en España. ISBN: 84-494-2665-0.

GUERRERO-GARCÍA, A. (1999) Cultivos herbáceos extensivos. 6a Ed. Ediciones Mundi Prensa. ISBN: 84-7114-797-1.

HERNÁNDEZ-MENDO, O. Y LEAVER, J. D. (2006) Production and behavioural responses of high- and low-yielding dairy cows to different periods of access to grazing or to a maize silage and soyabean meal diet fed indoors. *Grass and Forage Science*, **61**, 335-346.

HODGSON, J. (1994) Grazing Management: Science into Practice (Longman Scientific and Technical, Harlow). 203p.

KAPS, M. Y LAMBERSON, W. (2004) Change-over designs. In: Biostatistics for Animal Science.

Kaps, M. and Lamberson, W. Cromwell Press, Trowbridge.

KLOSOVSKI-CARNEIRO, M., NEUMANN, M., HEKER-JUNIOR, J. C., HENRIQUE-HORST, E., MATOS- LEÃO, G. F., GALBEIRO, S. Y POCZYNEK, M. (2017) Mechanical and chemical dehydration for pre-drying of black oat silage. *Semina: Ciências Agrárias*, **38**, 981-995.

LACHMANN M, Y ARAUJO FO. (1999) La estimación de la digestibilidad en ensayos con rumiantes, Facultad de Ciencias Veterinarias y Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.

LEMUS-RAMÍREZ, V., GARCÍA-MUÑIZ, J.G., LUGOLEÓN, S.G., VALENCIA-GUTIÉRREZ, E., Y VILLAGRÁN-VÉLEZ, B. (2002) Desempeño de una pradera irrigada en clima templado, establecida para el pastoreo con bovinos lecheros. *Veterinaria México*, **33**, 11-26.

LÓPEZ-GONZÁLEZ, F.; ROSAS-DÁVILA, M.; CELIS-ALVAREZ, M. D.; MORALES-ALMARAZ, E.; DOMÍNGUEZ-VARA, I. A.; Y ARRIAGA-JORDÁN, C. M. (2017) Milk production under grazing different pasture grasses in small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico. *Journal of Livestock Science*, **8**, 92-97.

LUCIANE-MOREIRA, A., ANDRADE-REIS, R., RUGGIERI, A.C. Y SARAN-JUNIOR, A.J. (2007) Avaliação de forrageiras de inverno irrigadas sob pastejo. *Ciencia e Agrotecnologia*, **31**, 1838-1844.

- MACARI, S., GOMES-DA ROCHA, M., RESTLE, J., PILAU, A., KELLERMAN-DE FREITAS, F. Y PEREIRA-NEVES, F. (2006) Evaluation of a mixture of black oats (*Avena strigosa* Schreb) cultivars with Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) under grazing. *Ciência Rural*, **36**, 910-915.
- MARTÍNEZ-BORREGO, E. (2009) El estado de México: sus regiones y la producción de leche. p. 41-78. En: La lechería en el Estado de México: sistema productivo, cambio tecnológico y pequeños productores familiares en la región de Jilotepec. 1a ed. Bonilla Artigas Editores, México.
- MARTÍNEZ-GARCÍA, C., RAYAS-AMOR, A., ANAYA-ORTEGA, J.P., MARTÍNEZ-CASTAÑEDA, F.E., ESPINOZA-ORTEGA, A., PROSPERO-BERNAL, F. Y ARRIAGA-JORDAN, 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.
- MATTOS-LEÃO, G. F., CABREIRA-JOBIM, C., NEUMANN, M., HORST, E. H., KAMILE-DOS SANTOS, S., VENANCIO, B. J. Y SANTOS, L. C. (2017) Nutritional composition and aerobic stability of winter cereal silage at different storage times. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, **39**, 131-136.
- MIGUEL. M.F., RIBEIRO-FILHO, H.M.N., DE ANDRADE, E-A., MORAES GENRO, M.T. Y DELAGARDE, R. (2014) Pasture intake and milk production of dairy cows grazing annual

ryegrass with or without corn silage supplementation. *Animal Production Science*, **54**, 1810-1816.

MWENDIA, S. W., MAASS, B. L., NJENGA, D. G., NYACUNDI, F. N. Y NOTENBAERT, A. M. O. (2017) Evaluating oat cultivars for dairy forage production in the central Kenyan highlands. *African Journal of Range and Forage Science*, **34**, 145-155, doi: 10.2989/10220119.2017.1358214.

NUNES-DO PRADO, I., BARROS-MOREIRA, F., CECATO, U., YOSHIMI-WADA, F., DE OLIVEIRA, E. Y DE ALMEIDA-REGO, F. C. (2003) Sistemas para crescimento e terminação de bovinos de corte a pasto: avaliação do desempenho animal e características da forragem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **32**, 955-965.

PARIS, W.; ZAMARCHI, G.; PAVINATO, P. S. Y MARTIN, T. N. (2015) Qualidade da silagem de aveia preta sob efeito de estádios fenológicos, tamanhos de partícula e pré-murchamento. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, **16**, 486-498.

PARSI J, GODIO L, MIAZZO R, MAFFIOLI R, ECHEVARRIA A, Y PROVENSAL P. (2001) Valoración nutritiva de los alimentos y formulación de dietas. Cursos de Producción Animal, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina. [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/16-valoracion\\_nutritiva\\_de\\_los\\_alimentos.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/16-valoracion_nutritiva_de_los_alimentos.pdf) (06 de Septiembre de 2018).

PÉREZ-PRIETO, L.A., PEYRAUD, J.L. Y DELAGARDE, R. (2012) Does pre-grazing herbage mass really affect herbage intake and milk production of strip-grazing dairy cows? *Grass and Forage Science*, **68**, 93-109.

PLATA-REYES, D. A., MORALES-ALMARAZ, E., MARTÍNEZ-GARCÍA, C. G., FLORES-CALVETE, G., LÓPEZ-GONZÁLEZ, F., PRÓSPERO-BERNAL, F., VALDEZ-RUIZ, C. L., ZAMORA-JUÁREZ, Y. G. Y ARRIAGA-JORDÁN, C. M. (2018) Milk production and fatty acid profile of dairy cows grazing four grass species pastures during the rainy season in small-scale dairy Systems in the highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, doi: 10.1007/s11250-018-1621-8. (Published on-line).

POSADAS-DOMÍNGUEZ, R.R., ARRIAGA-JORDÁN, C.M., Y MARTÍNEZ-CASTAÑEDA, F.E. (2014) Contribution on family labour to the profitability and competitiveness of small-scale dairy production systems in Central Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, **46**, 235-240.

PROSPERO-BERNAL, F., MARTÍNEZ-GARCÍA, C.G., OLEA-PÉREZ, R., LÓPEZ-GONZÁLEZ, F. Y ARRIAGA-JORDÁN, C.M. (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-ORDÓÑEZ, S., DOMÍNGUEZ-DÍAZ, D., SALMERÓN-ZAMORA, J. J., VILLALOBOS-VILLALOBOS, G. Y ORTEGA-GUTIÉRREZ, J. A. (2013) Producción y

calidad de forraje de variedades de avena en función del sistema de siembra y de la etapa de madurez al corte. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36: 395-403.

RESTELATTO, R., PAVINATO, P. S., SARTOR, L. R. Y PAIX~AO, S. J. (2013) Production and nutritional value of sorghum and black oat forages under nitrogen fertilization. *Grass and Forage Science*, 69: 693–704, doi: 10.1111/gfs.12076.

ROBLES-SÁNCHEZ, R. (1976) Cultivo de la avena (*Avena sativa*, L) En: Producción de granos y forrajes. 1ª Ed. Editorial Limusa.

ROSO, C., RESTLE, J., BRUGNARA-SOARES, A., ALVES-FILHO, D. C. Y BRONDANI I. L. (1999) Produção e qualidade de forragem da mistura de gramíneas anuais de estação fria sob pastejo contínuo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **28**, 459-467.

RUIZ-ALBARRÁN, M., BALOCCI, O.A., NORO, M., WITWER, F. Y PULIDO R.G. (2015) Effect of the type of silage on milk yield, intake and rumen metabolism of dairy cows grazing swards with low herbage mass. *Animal Science Journal* doi: 10.1111/asj.12513

SAINZ-SÁNCHEZ, P. A., LÓPEZ-GONZÁLEZ, F., ESTRADA-FLORES J. G., MARTÍNEZ-GARCÍA, C. G. Y ARRIAGA-JORDÁN, C. M. (2017) Effect of stocking rate and supplementation on performance of dairy cows grazing native grassland in small-scale systems in the highlands of central Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, **49**, 179–186, doi: 10.1007/s11250-016-1178-3

SALGADO, P., LE HOA, B., TRANT, V. T., VU CHI, C., FAYE, B. Y LECOMPTE, P. (2010)

Identifying suitable temperate grass species and cultural practices for herbage production in the mountain regions of North Vietnam. *Grass and Forage Science*, **65**, 110–120, doi: 10.1111/j.1365-2494.2009.00724.x

SALGADO, P., THANG, V. Q., THU, T. V., TRANCH, N. X., CUONG, V. C., LECOMTE, P. Y

RICHARD, D. (2013) Oats (*Avena strigosa*) as winter forage for dairy cows in Vietnam: an on-farm study. *Tropical Animal Health and Production*, 45: 561–568, doi: 10.1007/s11250-012-0260-8

SÁNCHEZ-GUTIÉRREZ, R. A., GUTIÉRREZ-BAÑUELOS, H., SERNA-PÉREZ, A.,

GUTIÉRREZ-LUNA, R. Y ESPINOZA-CANALES, A. (2014) Producción y calidad de forraje de variedades de avena en condiciones de temporal en Zacatecas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, **5**, 131-142.

SILVEIRA-FEROLLA, F., MALDONADO-VÁSQUEZ, H., COELHO-DA SILVA, J. F., PIO-

VIANA, A., NOGUEIRA-DOMÍNGUEZ, F. Y DA SILVA-AGUILAR, R. (2007) Produção de matéria seca, composição da massa de forragem e relação lâmina foliar/caule + bainha de aveia-preta e triticale nos sistemas de corte e de pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **36**, 1512-1517.

VAN SOEST, P.J., ROBERTSON, J.B. Y LEWIS, B.A. (1991) Methods for Dietary Fiber, Neutral

Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition, Department

of Animal Science and Division of Nutritional Sciences, Cornell University, New York, U.S.A.

VIEYRA-ALBERTO, R., ARRIAGA-JORDÁN, C.M., DOMÍNGUEZ-VARA, I. A., BORQUÉZ-GASTELUM, J.L. Y MORALES-ALMARÁZ, E. (2017) Efecto del aceite de soya sobre la concentración de los ácidos grasos vaccenico y ruménico en leche de vacas en pastoreo. *Agrociencia*, **51**, 299-313.

WATTIAUX, M.A. (2013) Grados de Condición Corporal. En: Esenciales Lecheras. *Instituto Babcock*, Estados Unidos.

## X. ANEXOS

### 10.1. Datos pre-experimentales de las vacas

#### 10.1.1. Datos pre-experimentales de las vacas del Experimento 1

Vaca	RL	PV	CC	DL
6129	6.5	484	2.5	330
SN	7.5	516	2.5	240
6049	7.6	556	2.5	220
6042	9.5	494	2.5	240
8158	7.5	530	2.5	375
6050	9.0	450	2.0	240
6054	15.9	470	2.5	353
6056	16.3	387	2.5	30
6051	23.0	630	2.5	10

**RL:** rendimiento de leche (kg d<sup>-1</sup>), **PV:** peso vivo (kg), **CC:** condición corporal (1-5), **DL:** días en lactación.

**10.1.2. Datos pre-experimentales de las vacas del Experimento 2**

<b>Vaca</b>	<b>RL</b>	<b>PV</b>	<b>CC</b>	<b>DL</b>
6042	9.6	440	2.5	13
6129	10.0	424	2.5	29
6052	10.4	560	2.5	130
8162	15.3	449	2.5	160
3574	17.0	486	2.5	10
6044	19.8	509	2.5	133
6053	13.3	487	2.5	100
6054	10.4	443	2.5	180
3575	14.8	448	2.5	28

**RL:** rendimiento de leche (kg d<sup>-1</sup>), **PV:** peso vivo (kg), **CC:** condición corporal (1-5), **DL:** días en lactación.

## **10.2. Promedio de variables medidas de producción de forraje por tratamiento y periodo**

### **10.2.1. Disponibilidad de forraje en las praderas del Experimento 1**

<b>Pradera</b>	<b>Periodo</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>ANF (kg MS ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>ANF (kg MS d<sup>-1</sup>)</b>
ANS	I	27.0	519.38	37.09
ANS	II	27.3	1010.70	72.19
ANS	III	18.4	487.24	34.80
ANT	I	27.7	871.71	62.26
ANT	II	29.9	838.13	59.86
ANT	III	16.6	1389.70	99.26
PME	I	4.4	445.27	31.80
PME	II	4.6	676.25	48.30
PME	III	4.3	420.86	30.06

**ANF:** acumulación neta de forraje, **ANS:** avena negra sola, **ANT:** avena negra asociada con trébol rojo, **PME:** pradera multi-especie

### 10.2.2. Disponibilidad de forraje en las praderas del Experimento 2

Pradera	Periodo	Altura (cm)	ANF (kg MS ha <sup>-1</sup> )	ANF (kg MS d <sup>-1</sup> )
Pradera 1	I	5.0	124.27	8.87
Pradera 1	II	3.8	403.43	28.81
Pradera 1	III	4.1	586.74	41.91
Pradera 2	I	3.0	180.51	12.89
Pradera 2	II	2.6	326.42	23.31
Pradera 2	III	2.5	275.74	19.69

---

**ANF:** acumulación neta de forraje

### 10.3. Composición bromatológica (g kg<sup>-1</sup> MS) y estimación de Energía Metabolizable (MJ kg<sup>-1</sup> MS)

#### 10.3.1. Composición química del forraje en el Experimento 1

Pradera	P	MS	MO	CN	PC	FDN	FDA	DIVMO	eEM
ANS	I	222.79	904.07	95.92	109.33	563.47	295.80	746.82	11.13
ANS	II	233.09	898.43	101.65	139.67	533.71	262.14	752.05	11.20
ANS	III	225.67	890.20	109.79	158.34	530.72	268.22	752.53	11.21
ANT	I	224.27	905.92	94.07	143.17	527.29	287.18	810.92	12.04
ANT	II	243.70	885.40	104.60	136.22	540.26	278.18	765.12	11.39
ANT	III	233.77	876.55	123.44	174.65	536.98	275.73	752.53	11.21
PME	I	238.65	877.34	122.65	192.26	515.53	262.24	835.67	12.39
PME	II	149.84	876.13	123.86	229.03	507.10	261.86	763.04	11.36
PME	III	180.99	881.65	118.34	209.70	468.40	259.15	785.39	11.68

**P:** periodo, **MS:** materia seca, **MO:** materia orgánica, **CN:** cenizas, **PC:** proteína cruda, **FND:** fibra neutro detergente, **FDA:** fibra ácido detergente, **DIVMS:** digestibilidad *in vitro* de la materia seca, **eEM:** estimación de energía metabolizable, **ANS:** avena negra sola, **ANT:** avena negra asociada con trébol rojo, **PME:** pradera multi-especie

### 10.3.2. Composición química del forraje en el Experimento 2

Pradera	P	MS	MO	CN	PC	FND	FDA	DIVMS	eEM
Pradera 1	I	206.94	871.69	128.30	228.55	451.49	213.79	815.84	12.11
Pradera 1	II	233.17	883.94	116.05	198.36	464.86	206.28	792.47	11.78
Pradera 1	III	201.70	927.96	72.03	214.64	478.23	219.04	831.16	12.33
Pradera 2	I	208.88	868.34	131.65	242.74	435.72	198.11	746.81	11.13
Pradera 2	II	218.25	857.89	142.10	240.37	474.78	194.11	790.63	11.75
Pradera 2	III	209.29	889.43	110.56	238.07	474.78	214.95	803.32	11.93
Ensilado	I	189.16	892.27	107.62	87.10	568.17	364.50	738.58	11.01
Ensilado	II	203.98	861.24	138.75	88.38	607.58	401.14	707.77	10.58
Ensilado	III	193.31	859.35	140.64	98.63	594.54	380.37	718.59	10.73

**P:** periodo, **MS:** materia seca, **MO:** materia orgánica, **CN:** cenizas, **PC:** proteína cruda, **FND:** fibra neutro detergente, **FDA:** fibra ácido detergente, **DIVMS:** digestibilidad *in vitro* de la materia seca, **eEM:** estimación de energía metabolizable

## 10.4. Variables medidas en las vacas

### 10.4.1. Variables de las vacas en el Experimento 1

Cuadro	Vaca	Tratamiento	Periodo	RL	PV	CC	CMS	CP
1	6129	ANT	I	7.70	533.0	3.0	9.82	5.25
1	6129	PME	II	7.20	526.0	2.5	8.41	3.84
1	6129	ANS	III	9.48	527.0	2.5	9.11	4.54
1	SN	PME	I	4.28	534.5	3.0	9.17	4.59
1	SN	ANS	II	2.83	552.0	2.5	8.27	3.69
1	SN	ANT	III	7.43	534.0	3.0	7.96	3.39
1	6049	ANS	I	8.56	577.0	2.7	9.07	4.50
1	6049	ANT	II	6.59	560.0	2.5	9.53	4.96
1	6049	PME	III	7.68	554.0	2.5	8.93	4.35
2	6042	ANS	I	12.05	521.0	2.5	10.34	5.76
2	6042	PME	II	11.21	535.0	2.5	9.90	5.33
2	6042	ANT	III	10.99	535.5	2.5	10.83	6.26
2	8158	ANT	I	6.45	534.0	3.0	8.39	3.82
2	8158	ANS	II	7.17	552.0	3.0	10.09	5.51
2	8158	PME	III	9.61	533.0	3.0	8.58	4.01
2	6050	PME	I	8.67	429.0	2.5	7.95	3.38

*Avena strigosa* cv. Saia como alternativa a la alimentación de vacas lecheras en Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala, en el Noroeste del Estado de México

2	6050	ANT	II	6.67	437.5	2.5	7.71	3.14
2	6050	ANS	III	8.30	456.5	2.5	8.52	3.95
3	6054	ANT	I	14.03	469.5	3.0	8.43	3.85
3	6054	ANS	II	13.38	440.0	3.0	11.57	6.99
3	6054	PME	III	12.88	445.5	3.0	9.98	5.40
3	6056	ANS	I	12.78	389.0	3.0	9.93	5.36
3	6056	PME	II	12.78	381.0	2.5	8.97	4.39
3	6056	ANT	III	15.31	369.0	2.5	9.89	5.3
3	6051	PME	I	21.53	601.0	3.0	15.49	10.91
3	6051	ANT	II	23.01	597.0	2.5	15.67	11.10
3	6051	ANS	III	23.60	614	2.5	17.81	13.24

**RL:** rendimiento de leche (kg d<sup>-1</sup>), **PV:** peso vivo (kg), **CC:** condición corporal (1-5), **CMS:** consumo de materia seca (kg MS vaca<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>), **CP:** consumo de pradera (kg MS vaca<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>), **ANS:** avena negra sola, **ANT:** avena negra asociada con trébol rojo, **PME:** pradera multi-especie

#### 10.4.2. Variables de las vacas en el Experimento 2

Cuadro	Vaca	Tratamiento	Periodo	RL	PV	CC	CMS	CP
1	6052	T2	I	12.81	560.0	2.5	11.30	2.40
1	6052	T3	II	9.60	563.0	3.0	9.29	0.00
1	6052	T1	III	10.03	561.0	3.0	9.32	2.87
1	6042	T3	I	18.27	440.0	2.5	11.30	2.24
1	6042	T1	II	17.42	435.0	2.5	11.91	7.01
1	6042	T2	III	16.72	444.5	2.5	10.97	2.98
1	6129	T1	I	20.28	424.0	2.5	11.97	5.30
1	6129	T2	II	19.73	468.5	2.5	12.73	3.23
1	6129	T3	III	18.82	461.0	2.5	13.31	3.17
2	6044	T1	I	22.56	509.5	2.5	13.67	7.01
2	6044	T3	II	21.27	500.5	2.0	12.93	2.33
2	6044	T2	III	22.07	528.0	2.5	13.89	5.90
2	3574	T2	I	18.57	487.0	2.5	13.11	4.21
2	3574	T1	II	16.96	490.0	2.5	12.24	7.34
2	3574	T3	III	19.02	512.0	3.0	13.89	3.75
2	8162	T3	I	13.55	449.0	2.5	9.69	0.63
2	8162	T2	II	14.21	477.0	2.5	10.64	1.14

*Avena strigosa* cv. Saia como alternativa a la alimentación de vacas lecheras en Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala, en el Noroeste del Estado de México

2	8162	T1	III	13.75	474.0	2.5	9.90	3.45
3	6054	T2	I	8.75	443.0	2.5	8.53	0.00
3	6054	T1	II	6.51	491.0	2.5	7.81	2.91
3	6054	T3	III	5.76	495.5	3.0	8.03	0.00
3	6053	T1	I	14.02	487.0	2.5	10.20	3.53
3	6053	T3	II	13.20	489.0	2.5	9.88	0.00
3	6053	T2	III	12.15	472.5	2.5	9.49	1.50
3	3575	T3	I	17.66	448.0	2.5	11.16	2.10
3	3575	T2	II	13.17	446.0	2.0	9.92	0.42
3	3575	T1	III	13.70	466.0	2.5	9.80	3.35

**RL:** rendimiento de leche ( $\text{kg d}^{-1}$ ), **PV:** peso vivo (kg), **CC:** condición corporal (1-5), **CMS:** consumo de materia seca ( $\text{kg MS vaca}^{-1} \text{d}^{-1}$ ), **CP:** consumo de pradera ( $\text{kg MS vaca}^{-1} \text{d}^{-1}$ ), **T1:** 2.5  $\text{kg MS vaca}^{-1} \text{d}^{-1}$  de ensilado de avena, **T2:** 5.0  $\text{kg MS vaca}^{-1} \text{d}^{-1}$  de ensilado de avena, **T3:** 7.5  $\text{kg MS vaca}^{-1} \text{d}^{-1}$  de ensilado de avena

## 10.5. Variables medidas en la leche de las vacas

### 10.5.1. Composición fisicoquímica de la leche en el Experimento 1

Cuadro	Vaca	Tratamiento	Periodo	Grasa (g kg <sup>-1</sup> )	Proteína (g kg <sup>-1</sup> )	Lactosa (g kg <sup>-1</sup> )
1	6129	ANT	I	3.6	3.0	4.4
1	6129	PME	II	4.7	3.3	4.8
1	6129	ANS	III	3.7	3.1	4.5
1	SN	PME	I	4.6	3.2	4.7
1	SN	ANS	II	5.9	3.7	5.3
1	SN	ANT	III	3.7	3.1	4.5
1	6049	ANS	I	2.8	2.6	3.7
1	6049	ANT	II	3.2	2.9	4.2
1	6049	PME	III	2.6	2.5	3.6
2	6042	ANS	I	3.2	3.0	4.3
2	6042	PME	II	3.4	2.9	4.2
2	6042	ANT	III	3.3	3.0	4.3
2	8158	ANT	I	4.0	3.3	4.7
2	8158	ANS	II	4.2	3.4	4.9
2	8158	PME	III	4.0	3.3	4.8
2	6050	PME	I	4.1	3.0	4.3

*Avena strigosa* cv. Saia como alternativa a la alimentación de vacas lecheras en Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala, en el Noroeste del Estado de México

2	6050	ANT	II	4.9	3.1	4.5
2	6050	ANS	III	4.2	2.9	4.2
3	6054	ANT	I	3.7	3.2	4.6
3	6054	ANS	II	3.4	3.0	4.3
3	6054	PME	III	3.9	3.1	4.5
3	6056	ANS	I	3.3	3.0	4.4
3	6056	PME	II	3.2	3.1	4.5
3	6056	ANT	III	3.4	3.2	5.7
3	6051	PME	I	3.2	3.1	4.5
3	6051	ANT	II	3.4	2.9	4.3
3	6051	ANS	III	3.1	3.0	4.4

**ANS:** avena negra sola, **ANT:** avena negra asociada con trébol rojo, **PME:** pradera multi-especie

### 10.5.2. Composición fisicoquímica de la leche en el Experimento 2

Cuadro	Vaca	Tratamiento	Periodo	Grasa (g kg <sup>-1</sup> )	Proteína (g kg <sup>-1</sup> )	Lactosa (g kg <sup>-1</sup> )
1	6052	T2	I	2.8	3.2	4.7
1	6052	T3	II	2.8	2.8	4.1
1	6052	T1	III	3.1	3.5	4.7
1	6042	T3	I	2.4	2.9	4.3
1	6042	T1	II	2.7	2.8	4.0
1	6042	T2	III	2.7	3.1	4.5
1	6129	T1	I	3.0	3.3	4.9
1	6129	T2	II	3.3	3.0	4.3
1	6129	T3	III	3.0	3.3	4.9
2	6044	T1	I	2.4	3.2	4.6
2	6044	T3	II	2.5	2.9	4.2
2	6044	T2	III	2.5	2.9	4.2
2	3574	T2	I	2.9	3.5	5.1
2	3574	T1	II	3.0	3.1	4.5
2	3574	T3	III	3.3	3.6	5.1
2	8162	T3	I	2.6	3.2	4.7
2	8162	T2	II	2.7	2.9	4.2

*Avena strigosa* cv. Saia como alternativa a la alimentación de vacas lecheras en Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala, en el Noroeste del Estado de México

---

2	8162	T1	III	2.4	3.3	4.7
3	6054	T2	I	3.7	3.5	5.1
3	6054	T1	II	4.1	3.3	4.9
3	6054	T3	III	3.7	3.7	5.2
3	6053	T1	I	2.9	3.3	4.8
3	6053	T3	II	2.9	3.0	4.4
3	6053	T2	III	3.3	3.5	5.0
3	3575	T3	I	2.9	3.3	4.8
3	3575	T2	II	2.9	2.9	4.3
3	3575	T1	III	2.8	3.3	4.7

---

**T1:** 2.5 kg MS vaca<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de ensilado de avena, **T2:** 5.0 kg MS vaca<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de ensilado de avena, **T3:** 7.5 kg MS vaca<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de ensilado de avena