



**PRADERAS DE FESTUCA ALTA Y RYEGRASS EN PASTOREO DE VACAS LECHERAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA EN LOS VALLES ALTOS DEL CENTRO DE MÉXICO†**

**[TALL FESCUE AND RYEGRASS PASTURES FOR GRAZING DAIRY COWS IN SMALL-SCALE DAIRY SYSTEMS IN THE HIGHLANDS OF CENTRAL MEXICO]**

**Felipe López-González, María Guadalupe Cantú-Patiño, Óscar-Gama-Garduño, Fernando Prospero-Bernal, Vianey Colín-Navarro and Carlos Manuel Arriaga-Jordán\***

*Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México. Campus UAEM El Cerrillo, El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, México, CP 50090. Emails. flopezg@uaemex.mx, tesisop@hotmail.com, gamagaro@hotmail.com, fer\_104\_7@hotmail.com, via\_1879@hotmail.com, cmarriagaj@uaemex.mx*

*\*Corresponding author*

**SUMMARY**

**Background.** Grazing pastures in small-scale dairy systems reduces feeding costs in these farms in the highlands of central Mexico. Tall fescue (*Lolium arundinaceum*) is a temperate climate grass resistant to hydric deficit, extreme temperatures, and high stocking rates, which make it attractive for these systems. However, many varieties are susceptible to endophyte infection that may cause toxicosis in cattle, which has not been studied in Mexico. **Objective.** To evaluate grazing of tall fescue pastures of K31 variety susceptible to endophytes, compared to perennial ryegrass (*Lolium perenne*) cv. Bargala pastures, both associated with white clover (*Trifolium repens* cv. Ladino). **Methodology.** An on-farm experiment was undertaken with a participant farmer with six Holstein cows with similar number of calvings, stage of lactation, and milk yields (kg/day). Treatments were BGL: grazing for 8 h/day on a perennial ryegrass cv. Bargala pasture and K31: grazing for 8 h/day of a tall fescue cv. K31 pasture. Cows were also supplemented with 4.6 kg dry matter of a commercial concentrate (18% crude protein) and 5 kg fresh basis of chopped green maize forage. A double cross-over design was applied, with three 14 day each experimental periods. **Results.** There were no significant differences ( $P>0.05$ ) between treatments in chemical composition of pastures or supplementary feeds, nor between animal production variables. **Implications.** The comparison of tall fescue vs ryegrass pastures as alternative temperate pasture to reduce production costs in small-scale milk production systems. **Conclusions.** It is concluded that both grasses have similar performance in these systems.

**Keywords:** Feeding strategies; dairy cows; grazing.

**RESUMEN**

**Antecedentes.** El pastoreo de praderas cultivadas en sistemas de producción de leche en pequeña escala en los valles altos del centro de México reduce costos de alimentación. La festuca alta (*Lolium arundinaceum*) es una gramínea de clima templado resistente al déficit hídrico, temperaturas extremas y alta carga animal, lo que la hace atractiva para estos sistemas. Sin embargo, muchas variedades son susceptibles a la infección con endófitos que pueden causar toxicosis en los bovinos, lo que no ha sido estudiado en México. **Objetivo.** Evaluar el pastoreo de praderas de festuca alta variedad K31 susceptible a endófitos, comparada con praderas de ballico inglés (*Lolium perenne*) variedad Bargala, ambas asociadas con trébol blanco (*Trifolium repens* cv. Ladino). **Metodología.** Se llevó a cabo un experimento en finca con un productor participante, con seis vacas Holstein con similar número de partos, etapa de lactación y rendimientos de leche (kg/día). Los tratamientos fueron BGL: pastoreo por 8 h/día en pradera de ballico perenne cv. Bargala, y K31: pastoreo por 8 h/día en pradera de festuca alta cv. K31. Las vacas fueron suplementadas con 4.6 kg MS de concentrado comercial (18% proteína cruda) y 5 kg en base fresca de forraje de maíz verde picado. Se utilizó un diseño doble reversible con tres periodos experimentales de 14 días c/u. **Resultados.** No existieron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) entre tratamientos para composición química de las praderas o alimentos complementarios, ni entre las variables de producción animal. **Implicaciones.** La comparación de praderas de festuca alta vs. ryegrass como una pradera de clima templado alternativa para reducir los costos de producción en sistemas de

† Submitted December 26, 2019 – Accepted March 19, 2020. This work is licensed under a CC-BY 4.0 International License.  
ISSN: 1870-0462.

producción de leche en pequeña escala. **Conclusiones.** Ambas gramíneas tuvieron un desempeño similar en estos sistemas.

**Palabras clave:** estrategias de alimentación; vacas lecheras; pastoreo.

## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial se reconoce que la producción de leche en pequeña escala tiene un gran potencial para cumplir con las demandas de alimentos de origen animal de la creciente población a la vez de permitir el mejoramiento de las condiciones de vida de las familias y comunidades productoras (FAO, 2010).

En México, más del 88% de las unidades de producción de bovinos tienen hatos de menos de 35 cabezas (Instituto Nacional de Estadística y Geografía - INEGI, 2014); y la importancia de los sistemas de producción de leche en pequeña escala (SPLPE) estriba en que aportan alrededor del 35% de la producción nacional, según datos de la IFCN (Hemme, 2007) y representan una opción para superar la pobreza (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007).

Los SPLPE se definen por hatos de 3 a 35 vacas lecheras más sus reemplazos, en unidades de producción con dotaciones pequeñas de tierra agrícola, fundamentados en la fuerza de trabajo familiar, con una gran dependencia de insumos externos, que limitan la escala económica de su sostenibilidad (Fadul-Pacheco *et al.*, 2013; Prospero-Bernal *et al.*, 2017).

La alimentación del ganado es el principal componente de los costos de producción, representando un 62 % de los costos totales de producción en SPLPE y 79 % si no se toma en cuenta el costo económico de la fuerza de trabajo familiar (Prospero-Bernal *et al.*, 2017). La fuerza de trabajo familiar en estos sistemas es un factor de gran importancia, ya que representa el capital humano que mejora la rentabilidad y la competitividad de los SPLPE (Posadas-Domínguez *et al.*, 2014). La inclusión del pastoreo de praderas en estos sistemas, para sustituir el método convencional de siega y alimentación en pesebre, reduce los costos de alimentación, aumenta la rentabilidad y teniendo un impacto positivo en la sostenibilidad al reducir los costos en un 27 %, al aumentar la escala económica de la sostenibilidad (Prospero-Bernal *et al.*, 2017).

El ballico perenne o inglés (*Lolium perenne*) es la gramínea de clima templado de mejor valor nutritivo y la especie de elección para praderas bajo pastoreo, generalmente asociadas con trébol blanco (*Trifolium repens*), esta combinación ha demostrado su valor en sistemas de producción de leche en pequeña escala del centro de México (Pincay-Figueroa *et al.*, 2017); pero requiere de riego frecuente durante la época seca ya que no tolera el déficit hídrico, ni tampoco crece a temperaturas superiores a los 25°C (Parsons y Chapman, 2000).

Las condiciones agroecológicas en los valles altos del centro de México son de clima templado sub-húmedo con una marcada época seca durante el invierno y primavera (noviembre a mayo), aunado a factores de manejo en términos de riego limitado y alta carga animal que representan condiciones que no son toleradas por los ballicos y resultan en una baja persistencia de praderas (Plata-Reyes *et al.*, 2018). Por otro lado, los posibles efectos del cambio climático representan alteraciones en el patrón o en la cantidad anual de agua de lluvias (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático - IPCC, 2014), lo cual también repercutirá en la acumulación de agua en las presas limitando aún más la disponibilidad de riego, los pequeños productores utilizan el agua de una presa para riego en la época de estiaje. Por lo tanto, se hace necesario evaluar y contar con recursos forrajeros mejor adaptados a los posibles escenarios del cambio climático (Thornton *et al.*, 2009).

La festuca alta (*Lolium arundinaceum* cv. K31) es una gramínea de clima templado originaria de Europa occidental, noroeste de África y regiones templadas de Asia, de donde fue llevada a África del Este y del Sur, las Américas, Australia, Nueva Zelanda y Japón. Es resistente a la sequía, a temperaturas extremas, a suelos pobres en nutrientes y se adapta a un rango amplio de pH (Vázquez de Aldana *et al.* 2001), lo que la hace una especie adaptable y resistente al estrés agroecológico y de manejo.

Un problema de la festuca alta es que muchas variedades son susceptibles a la infección con el hongo *Neotyphodium coenophialum*, que genera alcaloides (principalmente ergovalina) que son tóxicos para el ganado produciendo pérdida de peso, reducción en el consumo voluntario, alta temperatura corporal, disminución en la producción de leche (Vázquez de Aldana *et al.*, 2001) y problemas reproductivos (vasoconstricción, causada por los hongos presentes en la festuca), siendo los bovinos la especie más susceptible (Waller *et al.* 2009; Bence *et al.* 2016).

La variedad Kentucky 31 (o K31) desarrollada en los Estados Unidos de América es una variedad resistente a diversas condiciones climáticas y de manejo como el déficit hídrico, siendo la más difundida en Estados Unidos y en México; pero es susceptible a la infección por el endófito *Neotyphodium coenophialum*. A partir de lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el pastoreo continuo intensivo de praderas de festuca alta (*Lolium arundinaceum* cv. K31) en comparación con praderas de ballico perenne (*Lolium perenne* cv. Bargala) ambas asociadas con trébol

blanco (*Trifolium repens* cv. Ladino) por vacas lecheras en sistemas de producción de leche en pequeña escala.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento tuvo una duración de 6 semanas (del 19 de septiembre al 30 de octubre de 2016), divididas en 3 periodos de 14 días cada uno. En los últimos cuatro días de cada periodo se realizaron la toma de muestras y medición de variables en el ganado y las praderas. La precipitación pluvial durante los meses de septiembre y octubre fueron 74.4 mm, con temperaturas media de 15.9°C (con un rango entre 21.5°C máxima y 9.4°C mínima).

Se llevó a cabo un experimento en finca en una unidad de producción de leche en pequeña escala participante en el proyecto al que este trabajo pertenece mismo que se desarrolla bajo un enfoque de desarrollo participativo de tecnología ganadera (Conroy, 2005). La unidad de producción participante se localiza en el municipio de Aculco en la región de Valles Altos del Altiplano Central de México, ubicado entre las coordenadas 20° 00' y 20° 17' latitud norte y entre 99° 40' y 100° 00' longitud oeste, con una altitud entre 2,000 y 3,400 msnm, con clima templado sub-húmedo, precipitación media anual de 800 mm, temperatura media anual de 13.2 °C, con una época de lluvias bien definida de mayo a octubre y época seca en invierno y primavera con heladas en invierno (INEGI, 2009).

Se seleccionaron seis vacas en ordeño de raza Holstein, del pequeño hato del productor participante, que fueron agrupadas al azar en dos grupos de vacas similares en número de partos, días en leche y rendimientos antes del inicio del experimento.

Las praderas evaluadas fueron de festuca alta (*Lolium arundinaceum* cv. K31) asociada con trébol blanco (*Trifolium repens* cv. Ladino) establecida en primavera de 2009 con una superficie de 0.83 ha, y una pradera de ballico perenne (*Lolium perenne* cv. Bargala) igualmente asociada con trébol blanco variedad Ladino con una superficie de 0.83 ha, establecida en primavera de 2015; representando una carga animal de 3.6 vacas/ha para las dos praderas. Ambas praderas fueron fertilizadas antes del experimento con 85 kg de nitrógeno/ha, y subsecuentemente con 28 kg N/ha cada 28 días, la fertilización de las praderas cada 28 días se llevó a cabo según lo recomendado por Burbano-Muñoz et al (2018), además siguiendo los mismos procedimientos de toma de altura y ANF del mismo autor. Las praderas recibieron riego rodado unos días antes del inicio del experimento y nuevamente un mes después al final del segundo periodo experimental.

## Tratamientos

Se evaluaron dos tratamientos:

**BGL:** Pastoreo continuo intensivo por 8 h/día en pradera de ballico perenne (*Lolium perenne* cv. Bargala), asociado con trébol blanco (*Trifolium repens* cv. Ladino). Además del pastoreo, se suplementó con 5 kg en materia fresca (MF) de concentrado comercial con 18 % de PC (dividido en dos 2.5 kg por la mañana y 2.5 kg por la tarde), y 5 kg MF de forraje maíz verde picado, distribuido al igual que el concentrado comercial.

**K31:** Pastoreo continuo intensivo en pradera de festuca alta (*Lolium arundinaceum* cv. K31), asociada con trébol blanco variedad Ladino por 8 h/día, complementado con 5 kg MS de concentrado comercial con 18 % de PC (dividido en dos 2.5 kg por la mañana y 2.5 kg por la tarde), y 5 kg (en base fresca) de forraje maíz verde picado, distribuido al igual que el concentrado comercial.

Las vacas se suplementaron diariamente con 4.6 kg MS de concentrado por vaca y los 5 kg de maíz verde picado en fue por decisión del productor participante. Uno de los elementos fundamentales de la investigación participativa rural es respetar las decisiones de los productores en relación con el manejo de sus hatos y cultivos.

## VARIABLES DE LAS PRADERAS

Las praderas se evaluaron en términos de altura de la pradera, acumulación neta de forraje y composición química. La altura se registró con un medidor de plato ascendente al inicio del experimento y el día 14 de cada periodo experimental, los cuales tuvieron una duración de 14 días cada uno, realizando 20 mediciones por pradera siguiendo un patrón de zigzag como en trabajos anteriores (Plata-Reyes et al., 2018).

La acumulación neta de forraje (ANF) en las praderas se estimó a partir de seis jaulas de exclusión del pastoreo de 0.25 m<sup>2</sup> (0.50 m x 0.50 m) por 0.80 m de alto por cada pradera, colocadas al azar. Se realizaron cortes al exterior de las jaulas al inicio de cada periodo (día 0) y al final (día 14) cortando a ras de suelo al interior de un marco metálico de 0.16 m<sup>2</sup> (0.40 m x 0.40 m), con tijeras para esquila. La ANF es la diferencia entre el peso del forraje del día 14 y el día 0 expresado en kg de materia seca (MS)/ha.

La composición química de la hierba de las praderas se realizó en muestras de pastoreo simulado (tres muestras) de forma aleatoria a partir de la observación de la hierba consumida por las vacas, el último día de cada periodo.

Los análisis químicos de las muestras de hierba, concentrado y forraje de maíz se realizaron siguiendo las técnicas establecidas en el Laboratorio del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) de la Universidad Autónoma del Estado de México (Anaya-Ortega *et al.*, 2009), determinando materia seca (MS) por secado en estufa de aire forzado a 65°C por 48 horas, materia orgánica (MO) mediante incineración en mufla a 550°C por 3 h, proteína cruda (PC) mediante método micro Kjeldahl, fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) mediante el método de micro bolsas (ANKOM Tehcnology, 2017a). La digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO) se determinó por incubación con líquido ruminal (Ankom Technology, 2017b). A partir de la DIVMO y del contenido de materia orgánica se determinó la Materia Orgánica Digestible en la Materia Seca (DOMD su acrónimo en inglés) a partir de lo cual se estimó el contenido de energía metabolizable (MJ EM/kg MS) de acuerdo a las ecuaciones del AFRC (1993).

#### VARIABLES DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Se llevaron a cabo dos ordeños (manual) por día; a las 7:00 y 17:00 h cuando las vacas se suplementaron por ordeña con 2.3 kg de MS de concentrado comercial, y 2.3 kg MS de forraje de maíz verde picado. Después del ordeño de la mañana, cada grupo experimental ingresó a la pradera correspondiente de acuerdo a la secuencia de tratamientos, con un tiempo de pastoreo de 8 h/día; contando con agua a libre acceso en las praderas. Por las noches las vacas fueron resguardadas en un establo sin recibir más alimentos.

El rendimiento de leche fue medido en cada ordeño durante los últimos 4 días de cada periodo experimental utilizando una báscula de reloj con capacidad de 20 kg.

El contenido de grasa y proteína en leche se determinó con un analizador por ultrasonido en muestras de leche de cada vaca durante los últimos cuatro días de cada periodo experimental, utilizando los valores medios por día para el análisis estadístico. Se determinó igualmente el contenido de nitrógeno ureico en leche (NUL) de acuerdo a los procedimientos mencionados por Plata-Reyes *et al.* (2018).

Se registró el peso vivo de cada vaca (kg) al inicio del experimento y al final de cada periodo experimental mediante una báscula electrónica portátil con capacidad para 1000 kg. En ese momento se determinó igualmente la condición corporal en una escala de 1 (muy flaca) a 5 (muy gorda) puntos (Ferguson *et al.* 1994).

## DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento tuvo una duración de seis semanas divididas en tres periodos experimentales de 14 días cada uno. Cada periodo experimental se dividió en 10 días de adaptación a la dieta y 4 días de toma de muestras de leche y pastos y alimentos complementarios.

Los periodos experimentales de 14 días, y aún más cortos, son aceptables cuando los cambios en la alimentación de las vacas lecheras no son muy drásticos, como ha sido bien establecido por el grupo de investigación del INRA-Rennes en Francia (Miguel *et al.*, 2014; Pérez-Prieto *et al.* 2011; Pérez-Ramírez *et al.* 2012).

Las variables de las praderas se analizaron mediante un diseño de parcelas divididas como se ha hecho en otros trabajos, donde los tratamientos (tipo de pradera BGL o K31) son las parcelas mayores y los periodos experimentales son las parcelas menores (Plata-Reyes *et al.*, 2018), mediante análisis de varianza utilizando el siguiente modelo (Kaps y Lamberson, 2004):

$$Y_{ijkl} = \mu + r_i + T_j + E_k + p_l + Tp_{jl} + e_{ijk}$$

donde:

$\mu$  = Media general

$r$  = Efecto de las repeticiones  $i = 6$  (para ANF)

$T$  = Efecto de tratamiento (Parcela Mayor)  $j = 1, 2$

$E$  = Término del error para parcelas mayores  $[r(T)ij]$

$p$  = Efecto de periodos experimentales (parcelas menores)  $k = 1, 2, 3$

$Tp$  = Término de la interacción entre tratamientos y periodos experimentales

$e$  = Error experimental para las parcelas menores y la interacción

Para las variables animales se utilizó un diseño experimental doble reversible, donde el primer grupo de tres vacas recibieron la secuencia de tratamientos BGL – K31 – BGL y el segundo grupo siguió la secuencia de tratamientos K31 – BGL – K31. Las vacas fueron asignadas a cada grupo de manera aleatoria, y de la misma manera se asignó la secuencia de tratamientos por grupo. El modelo para el análisis estadístico fue (Kaps and Lamberson, 2004):

$$Y_{ijkh} = \mu + s_i + v_{j(i)} + t_k + p_h + e_{ijkl}$$

donde:

$\mu$  = media general is the general mean

$s_i$  = Efecto debido a la secuencia,  $i = 1, 2$

$v_{j(i)}$  = Efecto debido a la vaca dentro de la secuencia

$t_k$  = Efecto debido al efecto del tratamiento,  $k = 1, 2, 3$ .

$p_h$  = Efecto debido al periodo,  $h = 1, 2, 3$ .

$e_{ijkl}$  = Error experimental

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Praderas

La Tabla 1 presenta los resultados de altura de la pradera y ANF. La altura de ambas praderas disminuyó conforme avanzaron los periodos experimentales, de 10 y 8 cm para BGL y K31 respectivamente,

La altura de las praderas es un indicador de la disponibilidad de hierba para el ganado. Mayne *et al.* (2000) establecieron que, para sistemas de pastoreo continuo, las alturas óptimas son entre 5.0 y 8.0 cm medidas con regla, que favorecen el máximo consumo de hierba por ganado al pastoreo. Alturas por debajo de los 5.0 cm restringen el consumo.

La altura media en ambas praderas se encuentra por arriba de esas medidas límite, aunque pudo haber existido cierta restricción en ambas praderas al final del Periodo III cuando la altura en ambas praderas fue menor a 5.0 cm.

En cuanto a la ANF se observa un mayor crecimiento de las praderas en el Periodo I por el efecto de la fertilización en plena época de lluvias, la ANF disminuyó en ambas praderas en los últimos dos periodos. Se observa que la pradera de BGL tuvo mayor ANF durante todo el experimento.

El promedio de ANF que hubo en cada periodo fue de 820.2 kg MS/ha para BGL; y para Festuca fue de 709.7 kg MS/ha. El forraje que se acumuló en promedio por día fue de 59.6 kg MS/ha, para BGL y de 50.7 kg MS/ha para festuca. Es importante tomar consideración que la carga animal fue mayor que la usual (de 3.0 vacas/ha), y que también se complementó la alimentación diariamente con 5.0 kg MF/vaca de forraje de maíz verde picado, y 4.6 kg MS de concentrado comercial/vaca/día, considerando que el consumo de la pradera cubriría aproximadamente entre el 50 y el 60% del consumo estimado de materia seca.

### Composición química de praderas y alimentos complementarios

En el Tabla 2 se muestran los resultados de la composición química de las praderas BGL y K31; no existiendo diferencias estadísticas significativas ( $P>0.05$ ) ni entre praderas ni entre periodos o en la interacción para ninguna de las variables evaluadas.

El contenido de PC de las praderas se encuentra dentro de los valores reportados en otros trabajos en la zona de estudio (López-González *et al.*, 2017; Plata-Reyes *et al.*, 2018); con un promedio de 178 g PC/kg MS que indica un pasto de buena calidad; con una diferencia numérica de 89 g/kg más en el ballico perenne (BGL) que en la festuca alta (K31). El aporte de proteína cruda de la pradera es de buena calidad, considerando los parámetros que marca Santini, (2014), quien menciona que una pradera de buena calidad debe tener 180 g/kg MS, en el caso de la festuca se considera de calidad intermedia. Los promedios de contenido de fibra para las praderas fueron de 529 g/kg MS para FDN y de 269 g/kg MS para FDN, significando una DIVMO de 774.5 g/kg MS y un contenido estimado de energía metabolizable de 10.8 MJ EM/kg MS. Estos resultados refieren a un pasto de excelente calidad semejante a la reportada por Velarde-Guillén *et al.* (2019) para la zona de estudio, aunque menores a lo reportado por Pincay-Figueroa *et al.* (2016) para praderas en pastoreo.

El maíz verde picado con el que se complementó la alimentación de las vacas tuvo un contenido promedio de PC de 58 g/kg MS, 540 g FDN/kg MS y 272 g FDA/kg MS, una DIVMO de 650 g/kg MS y un contenido de energía metabolizable estimado de 9.6 MJ EM/kg MS. Estos valores son menores en PC, similares en FDN y mayores en FDA a los reportados para ensilado de maíz por Pincay-Figueroa *et al.* (2016). El concentrado comercial tuvo un contenido de PC de 182 g/kg MS, en concordancia con lo establecido en la etiqueta, y un contenido de energía metabolizable estimado de 11.9 MJ EM/kg MS.

**Tabla 1. Altura y acumulación neta de forraje en las praderas evaluadas.**

Variable	Variedad	Periodos Experimentales			EEM	Media
		I	II	III		
Altura (cm)	BGL	10.0	6.9	4.4	4.21 <sup>NS</sup>	7.10
	K31	8.4	5.8	4.6		
ANF (kg MS/ha/periodo)	BGL	1737.0	329.2	394.4	30.48 <sup>NS</sup>	820.19
	K31	1420.7	419.8	288.6		
ANF(kg MS/ha/día)	BGL	124.09	23.51	28.2	40.53 <sup>NS</sup>	58.58
	K31	101.9	30.0	20.6		

ANF= Acumulación neta de forraje.

### VARIABLES DE PRODUCCIÓN ANIMAL

La Tabla 3 presenta los resultados para las variables de producción animal. Se obtuvieron valores promedio para rendimiento de leche (RL) de  $11.81 \pm 0.11$  kg/vaca/día, un peso vivo (PV) de  $504.25 \pm 0.55$  kg y una condición corporal (CC) de  $2.25 \pm 0.08$ ; sin diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ( $P>0.05$ ), ni entre periodos, ni en la interacción.

El contenido medio de grasa en leche fue de 38.5 g/kg el cual se encuentra por arriba de los 32 g/L establecidos en la norma mexicana para leche cruda de vaca de clase A; con valores cercanos a lo reportado por Roche *et al.* (2006) en Nueva Zelanda (35.9 g/kg), Macoon *et al.* (2011) en el sureste de los Estados Unidos, por Pérez-Prieto *et al.* (2011) en Francia (36.6 g/kg), a lo reportado por Vicente *et al.* (2017) para explotaciones en Asturias (38.3 g/kg); y similares a lo reportado Bernal-Martínez *et al.* (2007) para la región norte de su estudio que corresponde al área donde se llevó a cabo este trabajo, quienes reportaron contenidos de grasa de 37.3 g/kg.

El contenido medio de proteína en leche fue de 30.5 g/kg, similares a los reportados por Ruiz-Albarrán *et al.* (2012) de trabajos realizados en Chile con vacas lecheras en pastoreo complementadas con ensilado de hierba. Igualmente, los resultados son similares a lo reportado por Macoon *et al.* (2011) de 31.2 g/kg de leche de vacas en pastoreo de praderas de clima templado con suplementación con concentrados en Florida, Estados Unidos, para el tratamiento de alta carga animal (5.0 vacas/ha), pero menor al contenido de 32.3 g/kg leche de vacas a una menor carga animal

(2.5 vacas/ha). Igualmente, el contenido de proteína en leche fue ligeramente menor a lo reportado por Plata-Reyes *et al.* (2018) en la zona de estudio quienes compararon el pastoreo de praderas basadas en diversas especies prateras y reportaron un contenido de proteína en leche de 31.7 g/kg.

En cuanto al contenido de nitrógeno ureico en leche (NUL), Cerón-Muñoz *et al.* (2014) establecen que el principal factor que afecta su concentración es la alimentación, siendo el contenido de NUL un indicador de exceso o deficiencia de nitrógeno en la dieta y de la relación entre energía y proteína. La concentración media de NUL obtenida en este estudio realizado de 11.72 mg/dL indica una adecuada eficiencia de utilización del nitrógeno y del balance entre la proteína y la energía en la dieta.

Los valores son superiores a de otros autores como Bryant *et al.* (2013) en Nueva Zelanda quienes reportaron un contenido medio de 10.28 mg NUL/dL de leche, o al valor medio de 9.8 mg NUL/dL de leche reportado por Plata-Reyes *et al.* (2018) en un estudio sobre pastoreo en diversas gramíneas con niveles de suplementación similares a este estudio y en la misma zona; pero menores a los 13.7 mg NUL/dL de leche reportados por Velarde-Guillén *et al.* (2019) de investigaciones también realizadas en la misma zona de estudio.

De cualquier forma, la concentración de NUL aquí reportada se encuentra dentro del rango de 11 a 18 mg/dL en el que se considera un metabolismo del nitrógeno y una eficiencia en su utilización normal (Powell et al., 2011).

**Tabla 2. Resultados de composición química de las praderas.**

Variable	BGL	K31	Promedio	EEMPM	EEMPm
PC (g/kg)	222.0	133.8	177.9	62.00	23.00 <sup>NS</sup>
FDN (g/kg)	500.6	557.40	529.0	40.00	24.00 <sup>NS</sup>
FDA (g/kg)	255.4	283.7	269.5	19.00	6.00 <sup>NS</sup>
Cenizas (g/kg)	121.6	102.4	112.0	13.00	2.00 <sup>NS</sup>
MO (g/Kg)	878.3	897.5	887.9	13.00	2.00 <sup>NS</sup>
DIVMO (g/kg MO)	788.9	760.1	774.5	20.00	7.00 <sup>NS</sup>
EM (MJ/kg MS)	10.9	10.7	10.8	0.28	0.10 <sup>NS</sup>

MO= Materia orgánica; PC= Proteína Cruda; FDN= Fibra detergente neutro; FDA= Fibra detergente ácido; DIVMO= Digestibilidad *in vitro* de la MO; EM= Energía metabolizable; EEMPM= Error estándar de la media para parcela mayor; EEMPm= Error estándar de la media para parcela menor; NS= No significativo ( $P>0.05$ ).

**Tabla 3. Resultados de las variables de producción animal.**

	Tratamiento		Promedio	EEM	Significancia
	BGL	K31			
RL (kg/vaca/día)	11.7	11.9	11.8	0.81	NS
Grasa (g/kg)	39.7	37.4	38.5	0.20	NS
Proteína (g/kg)	30.7	30.3	30.5	0.09	NS
NUL (mg/dl)	11.5	11.9	11.7	-	-
PV (kg/vaca)	504.8	503.7	504.2	0.77	NS
CC (1-5)	2.3	2.3	2.2	0.129	NS

RL= Rendimiento de leche; PV= Peso Vivo; CC= Condición Corporal; BGL= *Lolium perenne* cv. Bargala K31= *Lolium arundinaceum*; EEM= Error estándar de la media NS= No significativo ( $P>0.05$ ).

La condición corporal de las vacas durante el experimento se mantuvo similar desde el inicio hasta el final con un puntaje promedio de 2 unidades, es superior a lo reportado por Hernández-Ortega *et al.* (2011) en una escala del 1 a 5, trabajando con sistemas en pequeña escala similares.

Como los resultados encontrados no muestran un efecto de posible infección por endófitos, se hace necesario evaluar el desempeño de vacas lecheras de mayor rendimiento o con menor suplementación para poder discernir si a esos niveles se presentan efectos tóxicos por la susceptibilidad de la variedad K31 a la infección por endófitos.

### CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos se concluye que vacas lecheras pastoreando praderas basadas en festuca alta (*Lolium arundinaceum*) variedad K31 asociadas con trébol blanco (*Trifolium repens*) presentaron variables de producción animal similares en comparación con praderas de ballico perenne (*Lolium perenne*) variedad Bargala; a niveles de rendimiento moderados y con una suplementación con concentrados que equivalió entre 30 y 35% del consumo estimado de MS.

#### Agradecimientos

Los autores agradecen al productor y su familia participante en este trabajo por su amable disposición durante la realización del experimento, respetando su privacidad al no divulgar sus nombres.

**Financiamiento.** Este trabajo fue gracias al financiamiento de la Universidad Autónoma del Estado de México a través del proyecto clave UAEM 3676/2014/CIA.

**Conflicto de intereses.** Así mismo declaramos y estamos de acuerdo con la información presentada en el artículo, y aceptamos el orden en que cada autor va en el documento y no existe conflicto de interés que declarar por parte de los autores.

**Cumplimiento de normas éticas.** Se presentan datos originales derivados del trabajo de los autores, no han sido sometidos al mismo tiempo en revistas diferentes, así mismo durante el experimento los animales no fueron maltratados. El trabajo se llevó a cabo de acuerdo a los procedimientos establecidos y aceptados por la Universidad Autónoma del Estado de México.

**Disponibilidad de datos.** Estamos de acuerdo que, si el artículo es publicado en la revista, los datos sean distribuidos por la revista y puedan subirse a un repositorio, siempre y cuando se le otorgue el crédito a la revista.

### REFERENCIAS

- AFRC., 1993. Energy and protein requirements of ruminants. An advisory manual prepared by the AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients. CAB International, UK.
- Albarrán. B., García, A., Espinoza, A., Espinosa, E., Arriaga, C.M., 2012. Maize silage in the dry season for grazing dairy cows in small-scale production systems in Mexico's Highlands, Indian Journal of Animal Research, 46, 317-324. <https://arccjournals.com/journal/indian-journal-of-animal-research/ARCC474>
- Anaya-Ortega, J.P., Garduño-Castro, Y., Espinoza-Ortega, A., Rojo-Rubio, R., Arriaga-Jordán, C.M., 2009. Silage from maize (*Zea mays*), annual ryegrass (*Lolium multiflorum*) or their mixture in the dry season feeding of grazing dairy cows in small-scale dairy production systems in the Highlands of Mexico, Tropical Animal Health and Production, 41, 607-16. <https://doi.10.1007/s11250-008-9231-5>.
- Ankom Technology., 2017a. Analytical Methods. Disponible en: <https://www.ankom.com/analytical-methods-support/fiber-analyzer-a200> (Consultado el 28 de noviembre 2019).

- Ankom Technology., 2017b. In Vitro True Digestibility using the DAISYP II P Incubator. Disponible en: [https://www.ankom.com/sites/default/files/document-files/Method\\_3\\_Invitro\\_D200\\_D200I.pdf](https://www.ankom.com/sites/default/files/document-files/Method_3_Invitro_D200_D200I.pdf) (Consultado el 28 de noviembre de 2019).
- Bence, A.R., Cantón, G.J., Lacau-Mengido, I.M., Breijo, M., Brito, M.G., Fantini, J., Mazzanti, M., Cora, J., Rodríguez, A.M., López Valiente, S., Maresca, S., 2016. Consumo de festuca tóxica en vacas de cría en la segunda mitad de la gestación: efectos parto. En: 39° Congreso de la Asoc. Argentina de Producción Animal. [https://www.researchgate.net/publication/309392477\\_Consumo\\_de\\_festuca\\_toxica\\_en\\_vacas\\_de\\_cria\\_en\\_la\\_segunda\\_mitad\\_de\\_la\\_gestacion\\_efectos\\_parto/link/580df9c908aebfb68a4fe812/download](https://www.researchgate.net/publication/309392477_Consumo_de_festuca_toxica_en_vacas_de_cria_en_la_segunda_mitad_de_la_gestacion_efectos_parto/link/580df9c908aebfb68a4fe812/download).
- Bernal-Martínez, L.R., Rojas-Garduño, M.A., Vázquez-Fontes, C., Espinoza-Ortega, A., Estrada-Flores, J., Castelán-Ortega, O.A., 2007. Determinación de la calidad fisicoquímica de la leche cruda producida en sistemas campesinos en dos regiones del Estado de México, Veterinaria México, 38, 395-407. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42338402>
- Bryant, R.H., Dalley, D.E., Gibbs, J., Edwards, G.R., 2013. Effect of grazing management on herbage protein concentration, milk production and nitrogen excretion of dairy cows in mid-lactation, Grass and Forage Science, 69, 644-654. <https://doi.org/10.1111/gfs.12088>
- Cerón-Muñoz, M.F., Henao-Velásquez, A.F., Múnera-Bedoya, Ó.D., Herrera-Ríos, A.C., Díaz-Giraldo, A., Parra-Moreno, A.M., Tamayo-Patiño, C.H., 2014. Concentración de nitrógeno ureico en leche - Interpretación y aplicación práctica. Fondo Editorial Biogénesis. Medellín, Colombia. 18 pp.
- Conroy, C. 2005. Participatory livestock research: a guide. ITDG Publishing, Warwickshire, UK.
- Espinoza-Ortega, A., Espinosa-Ayala, E., Bastida-López, J., Castañeda-Martínez, T., Arriaga-Jordán, C.M., 2007. Small-scale dairy farming in the highlands of Central Mexico: technical, economic and social aspects and their impact on poverty, Experimental Agriculture, 43, 241-256. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0014479706004613>
- Fadul-Pacheco, L., Wattiaux, M.A., Espinoza-Ortega, A., Sánchez-Vera, E., Arriaga-Jordán, C.M., 2013. Evaluation of sustainability of small-scale dairy production systems in the highlands of Mexico during the rainy season, Agroecology and Sustainable Food Systems, 37, 882-901. <https://doi.org/10.1080/21683565.2013.775990>
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations., 2010. Status and prospects for smallholder milk production - A global perspective, by Hemme, T. and Otte, J. FAO, Rome, Italy. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i1522e/i1522e.pdf> (Consultado 28 noviembre 2019).
- Ferguson, J.D., Galligan, D.T., Thomsen N., 1994. Principal descriptors of body condition score in Holstein cows. Journal of Dairy Science, 77, 2695-2703. [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(94\)77212-X/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(94)77212-X/pdf)
- Hemme, T, IFCN Dairy Team and IFCN Researchers., 2007. IFC Report 2007. International Farm Comparison Network, (IFCN Dairy Research Center, Kiel).
- Hernández-Ortega, M., Heredia-Nava, D., Espinoza-Ortega, A., Sánchez-Vera, E., Arriaga-Jordán, C.M., 2011. Effect of silage from ryegrass intercropped with winter or common vetch for grazing dairy cows in small-scale dairy systems in Mexico, Tropical Animal Health and Production, 43, 947-954. <https://doi:10.1007/s11250-011-9788-2>
- INEGI - Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Encuesta nacional agropecuaria., 2014. Disponible en: <http://www.beta.inegi.org.mx/contenidos/proyectos/encagro/ena/2014/doc/minimonografia/produccion14.pdf>. (Consultado el 28 de noviembre de 2019).
- INEGI - Instituto Nacional de Estadística y Geografía., 2009. Aculco, México. Clave geoestadística 15003. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. INEGI, Aguascalientes, México. Disponible en: [http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/15/15003.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/15/15003.pdf) (Consultado el 28 de noviembre de 2019).
- IPCC – Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático., (2014). Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). In: Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K., Adler, A., Baum, I.,

- Brunner, S., Eickemeier, P., Kriemann, B., Savolainen, S., Schlömer von Stechow, C., Zwickel, T., Minx, J.C. (eds.). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Kaps, M., Lamberson, W., 2004. Change-over designs. Chapter 14. In: Kaps, N., Lamberson, W. (eds). *Biostatistics for Animal Science*. Cromwell Press, Trowbridge, UK.
- López-González, F., Rosas-Dávila, M., Celis-Álvarez, M.D., Morales-Almaraz, E., Domínguez-Vara, I.A., Arriaga-Jordán, C.M., 2017. Milk production under grazing of different pasture grasses in small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico, *Journal of Livestock Science*, 8, 92-97. <https://www.researchgate.net/publication/315875121>
- Macon, B., Sollenberger, L.E., Staples, C.R., Portier, K.M., Fike, J.H., Moprell, J.E., (2011). Grazing management and supplementation effects on forage and dairy cow performance on cool-season pastures in the southeastern United States, *Journal of Dairy Science*, 94, 3949–3959. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3947>
- Mayne, C.S., Wright, I., Fisher, G.E.J., 2000. Grassland management under grazing and animal response. In: Hopkins, A. (ed). *Grass: Its production and utilization*. Chapter 10. (3rd. Edition). British Grassland Society and Blackwell Science, Oxford, UK. pp. 247-291
- Miguel, M.F., Ribeiro-Filho, H.M.N., De Andrade, E.A., Moraes Genro, M.T., 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. <https://doi.org/10.1071/AN14382>
- Parsons, A.J., Chapman, G.F., (2000). The principles of pasture growth and utilization. In: A. Hopkins (ed), *Grass: Its production and utilization* (3rd. Edition), British Grassland Society and Blackwell Science, Oxford, UK. pp. 31–89.
- Pérez-Prieto LA, Peyraud JL, Delagarde R., (2011). Pasture intake, milk production and grazing behaviour of dairy cows grazing low-mass pastures at three daily allowances in winter, *Livestock Science*, 137, 151-60. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.10.013>
- Pérez-Ramírez, E., Peyraud, J.L., Delagarde, R., 2012. N-Alkanes v. ytterbium/faecal index as two methods for estimating herbage intake of dairy cows fed on diets differing in the herbage: maize silage ratio and feeding level, *Animal*, 6, 232–244. <https://doi.org/10.1017/S1751731111001480>
- Pincay-Figueroa, P.F., López-González, F., Velarde-Guillén, J., Heredia-Nava, D., Martínez-Castañeda, F.E., Vicente, F., Martínez-Fernández, A., Arriaga-Jordán, C.M., 2016. Cut and carry vs. grazing of cultivated pastures in small-scale dairy systems in the central highlands of Mexico, *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, 110, 349 –363. <https://doi.org/10.12895/jaeid.20162.496>
- 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., 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*, 50, 1797–1805. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1621-8>
- Posadas-Domínguez, R.R., Arriaga-Jordán, C.M., Martínez-Castañeda, F.E., 2014. Contribution of labour to the profitability and competitiveness on small-scale dairy production systems in central México, *Tropical Animal Health and Production*, 46, 235–240. <https://doi.org/10.1007/s11250-013-0482-4>
- Powell, J.M., Wattiaux, M.A., Broderick, G.A., 2011. Short communication: Evaluation of milk urea nitrogen as a management tool to reduce ammonia emissions from dairy farms, *Journal of Dairy Science*, 94: 4690-4695. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4476>
- Prospero-Bernal, F., Martínez-García, C.M., Olea-Pérez, R., López-González, F., 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. <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1360-2>
- Roche, J.R., Berry, D.P., Kolver, E.S., 2006. Holstein-Friesian Strain and Feed Effects on Milk Production, Body Weight, and Body Condition Score Profiles in Grazing Dairy Cows, *Journal of Dairy Science*, 89, 3532–

3543. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72393-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72393-1).
- Ruiz-Albarrán, M., Balocchi, O.A., Noro, M., Wittwer, F., Pulido, R.G., 2012. Effect of increasing pasture allowance and grass silage on animal performance, grazing behaviour and rumen fermentation parameters of dairy cows in early lactation during autumn, *Livestock Science*, 150, 407–413. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.09.023>
- Santini, J.F., 2014. Conceptos básicos de la nutrición de rumiantes, nutrición aplicada. INTA EEA Balcarce - Facultad de Ciencias Agrarias (UNMdP). Pp 4-24, Sitio Argentino de Producción Animal. [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/137-Curso\\_Nutricion\\_aplicada.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/137-Curso_Nutricion_aplicada.pdf)
- Thornton, P.K., Van de Steeg, J., Notenbaert, A., Herrero, M., 2009. The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know and what we need to know, *Agricultural Systems*, 101, 113 – 127. <https://doi:10.1016/j.agsy.2009.05.002>
- Vázquez, A.B.R., García, C.A., Zabalgoeazcoa, I., García, C.B., 2001. Ergovaline levels in cultivars of *Festuca arundinacea*, *Animal Feed Science and Technology*, 93, 169 – 176. [https://doi.10.1016/S0377-8401\(01\)00285-1](https://doi.10.1016/S0377-8401(01)00285-1)
- Velarde-Guillén, J., Estrada-Flores, J.G., Rayas-Amor, A.A., Vicente, F., Martínez-Fernández, A., Heredia-Nava, D., Celis-Álvarez, M.D., Aguirre-Ugarte, I.K., Galindo-González, E., Arriaga-Jordán, C.M., 2019. Supplementation of dairy cows with commercial concentrate or ground maize grain under cut-and carry or grazing of cultivated pastures in small-scale systems in the highlands of central Mexico, *Animal Production Science*, 59, 368-375. <https://doi.org/10.1071/AN15375>
- Vicente, F., Santiago, C., Jiménez-Calderón, J.D., Martínez-Fernández, A., 2017. Capacity of milk composition to identify the feeding system used to feed dairy cows, *Journal of Dairy Research*, 84, 254-263. [doi:10.1017/S0022029917000383](https://doi.org/10.1017/S0022029917000383)
- Waller, J.C., 2009. Endophyte effects on cattle. In: Frigour, H.A., Hannaway, D.B., West, C.P. (eds.). Tall fescue for the twenty-first century. Chapter 16. Monograph 53, American Society of Agronomy Inc., Crop Science Society of America Inc. and Soil Science Society of America, Inc.. Madison, Wisconsin. pp. 289 – 319.