



## EVALUACIÓN DE UN CONCENTRADO DE PASTA DE CANOLA Y MAZORCA DE MAÍZ PARA VACAS LECHERAS EN PASTOREO DE PASTIZALES NATIVOS EN LOS VALLES ALTOS DE MÉXICO †

### [EVALUATION OF A CONCENTRATE OF CANOLA MEAL AND MAIZE EARS FOR DAIRY COWS GRAZING NATIVE GRASSLAND IN THE HIGHLAND VALLEYS OF MEXICO]

Aida Gómez-Miranda<sup>1</sup>, Jesús Israel Vega-García<sup>1</sup>,  
Omar Narvaez-Uribe<sup>1</sup>, Ernesto Morales-Almaraz<sup>2</sup>,  
Felipe López-González<sup>1\*</sup> and Carlos Manuel Arriaga-Jordán<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 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. Email. flopezg@uaemex.mx

<sup>2</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México. Campus UAEM El Cerrillo, El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, México, CP 50090.

\*Corresponding author

#### SUMMARY

**Background.** Native grasslands are a resource utilized for livestock feeding due to their low cost and mainly during the rainy season. However, native grasslands do not meet the nutritional requirements of dairy cows. Consequently, commercial supplementation with a high cost is used. **Objective.** The objective of this study was to evaluate the effect of a supplement mixture of canola and ground corn ears compared to a commercial concentrate during the rainy season. **Methodology.** Ten cows on continuous grazing for 9 h/d were used following the management of the participating farm in a double cross-over experimental design for animal variables, and a split plot design for the grassland evaluation. **Results.** There were no significant differences ( $P>0.05$ ) for animal variables, with mean milk yields of 13.5 kg/cow/day, 35.7 g/kg for milk fat, and 32.0 g/kg for protein content. There were also no differences ( $P>0.05$ ) for grassland height and herbage mass, nor for chemical composition, with crude protein content of 100.4 g/kg DM, and 526 g/kg DM of *in vitro* digestibility. Chemical composition of concentrates was similar, but the experimental concentrate had lower cost. **Implications.** Given the scenario of rising prices of concentrates, an alternative to the producer is preparing its own concentrate, with corn harvested in the production units and some ingredient that is high in crude protein. **Conclusions.** It is concluded that the experimental concentrate made on farm resulted in the same performance as a commercial concentrate, which may reduce feeding costs.

**Keywords:** feeding; intensive grazing; milk production; small scale.

#### RESUMEN

**Antecedentes.** Los pastizales nativos son un recurso utilizado como parte de la alimentación ganadera por su bajo costo, utilizados principalmente en la época de lluvias. Sin embargo, los pastizales no cubren los requerimientos nutricionales de vacas lecheras por lo que se requiere de una suplementación que con concentrados comerciales es de alto costo. **Objetivo.** El objetivo de este trabajo fue evaluar la suplementación de un concentrado basado en pasta de canola y mazorca de maíz molida comparado con concentrado balanceado comercial en temporada de lluvias para vacas en lactación en pastizales nativos. **Metodología.** Se utilizaron 10 vacas en pastoreo continuo (9 horas/día) de acuerdo al manejo de la unidad de producción participante, en un diseño experimental doble reversible. Para la evaluación de los pastizales se utilizó un diseño de parcelas divididas. **Resultados.** En los resultados de la respuesta productiva no fueron detectadas diferencias estadísticamente significativas ( $P>0.05$ ), obteniendo rendimientos promedio de 13.5 kg/vaca/día, con valores de 35.7 g/kg y 32.0 g/kg para grasa y proteína respectivamente. Para las variables de altura y masa herbácea en los pastizales, no se encontraron diferencias significativas ( $P>0.05$ ); así como para su composición química; donde se encontraron valores de proteína cruda de 100.4 g/kg MS, y una digestibilidad *in vitro* de 526 g/kg de MS. El análisis bromatológico en los concentrados mostró una similitud en su composición; sin embargo, el concentrado experimental resultó más económico. **Implicaciones.** Ante el escenario del alza de los precios de

† Submitted November 28, 2019 – Accepted April 20, 2020. This work is licensed under a CC-BY 4.0 International License. ISSN: 1870-0462.

los concentrados, una alternativa para el productor es la elaboración de su propio concentrado, con el maíz que se cosecha en las unidades de producción y algún ingrediente que sea elevado en proteína cruda. **Conclusión.** Se concluye que el concentrado experimental elaborado en finca presenta el mismo desempeño que un concentrado comercial, lo que puede reducir los costos de alimentación.

**Palabras Clave:** Alimentación; pastoreo intensivo; producción de leche; pequeña escala.

## INTRODUCCIÓN

La producción de leche en México se lleva a cabo en tres sistemas principales: El sistema intensivo en gran escala localizado principalmente en el centro-norte del país con hatos de más de 100 vacas y sus reemplazos, la lechería tropical denominada también de doble propósito ubicada en las zonas cálidas y semi-cálidas con hatos de hasta más de 240 vacas, y el sistema a pequeña escala con hatos entre cinco y 60 vacas más sus reemplazos (Hemme *et al.*, 2019).

La gran mayoría de la producción especializada de leche en México es en pequeña escala, con un hato promedio de 17 vacas (más sus reemplazos (Hemme *et al.*, 2019). Estos sistemas son una opción de desarrollo rural que permite a las familias productoras superar los índices de pobreza (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007).

Los sistemas a pequeña escala tienen diversas estrategias de alimentación para sus hatos, entre los cuales se encuentra el pastoreo de pastizales nativos principalmente durante la época de lluvias, uso de praderas cultivadas para corte o pastoreo cuando hay disponibilidad de riego, además el uso de pajas y rastrojos; y más recientemente de ensilado de maíz y otros forrajes. Además, grandes cantidades de alimentos concentrados balanceados comerciales e ingredientes concentrados como el salvado de maíz (conocido como masilla), cascarilla de soya y otros (Cuevas Reyes *et al.*, 2007; Alfonso-Ávila *et al.*, 2012; Rayas-Amor *et al.*, 2012; Martínez-García *et al.*, 2015).

Los pastizales nativos del altiplano central de México han sido la base de la alimentación del ganado bovino y otras especies ganaderas desde el arribo de los españoles, y de hecho la mayor parte de la superficie correspondiente a este tipo de vegetación en México se dedica a ese propósito (Rzedowski, 2006). Aún en la actualidad son utilizados para el pastoreo por vacas lecheras de unidades de producción en pequeña escala como una fuente de forraje de bajo costo al no tener que erogar recursos en su establecimiento y mantenimiento (Sainz-Sánchez *et al.*, 2017). En el estado de Hidalgo el 69.9% de los productores de bovinos basa su sistema de alimentación en el pastoreo de pastizales nativos, principalmente en la temporada de lluvias (Cuevas Reyes *et al.*, 2007).

Sin embargo, el pastizal por sí solo no puede cubrir los requerimientos nutricionales de las vacas lecheras en producción (Sainz-Sánchez *et al.*, 2017). Los pastizales nativos tienen baja digestibilidad y un moderado contenido proteico, llegando a 12% de proteína cruda que disminuye con el paso del tiempo y con la maduración de las plantas (Sainz-Sánchez *et al.*, 2017). Por lo anterior, los productores hacen uso de suplementos concentrados, los cuales se pueden adquirir como alimentos balanceados comerciales, o mezclas de concentrados energéticos y proteicos que pueden ser elaborados en las propias unidades de producción (Alfonso-Ávila *et al.*, 2012; Martínez-García *et al.*, 2015). La dependencia de alimentos balanceados comerciales de alto costo representa el principal componente de los costos de alimentación en los sistemas de producción de leche en pequeña escala, que limitan la rentabilidad y viabilidad de forma que la escala económica es el principal limitante de la sostenibilidad de estas unidades de producción (Fadul-Pacheco *et al.*, 2013; Prospero-Bernal *et al.*, 2017). Lo anterior hace necesario evaluar suplementos de menor costo a partir de ingredientes de fácil adquisición por los productores para la elaboración de suplementos concentrados en sus propias unidades de producción. El maíz es el principal cultivo en los Valles Altos del centro de México, y los productores lo utilizan ampliamente en sus estrategias de alimentación del ganado lechero (Alfonso-Ávila *et al.*, 2012; Martínez-García *et al.*, 2015). El grano es una fuente rica en energía dado su alto contenido de almidón, cuando es suministrado como grano solo (Velarde-Guillén *et al.*, 2019).

La combinación de granos de cereales con alimentos ricos en proteína de buena calidad como la pasta de oleaginosas (subproductos de la extracción de aceites) es la base de los alimentos balanceados concentrados comerciales. Una de estas pastas disponible en el centro de México es la pasta de canola o colza. Este concentrado es rico en proteína con 38% de proteína cruda en promedio (Heuzé *et al.*, 2019b) y ha ganado popularidad en la alimentación de vacas lecheras como sustituto de la pasta de soya, tanto por su menor precio como por su efecto positivo en la producción de leche. Auld *et al.* (2016) reportaron mayor rendimiento de leche en vacas Holstein de alto rendimiento suplementadas con un concentrado con base en grano de maíz y pasta de canola. A partir de lo

anterior, el objetivo del trabajo fue evaluar la suplementación con un concentrado con base en pasta de canola y mazorca de maíz molida en contraste con un alimento balanceado comercial para vacas lecheras en pastoreo de pastizales nativos en los valles altos del centro de México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo una unidad de producción de leche en pequeña escala bajo un enfoque de desarrollo participativo de tecnología pecuaria con un productor cooperante (Conroy, 2005). La unidad de producción se ubica en el municipio de Nopala de Villagrán al suroeste del Estado de Hidalgo, en los límites con el Estado de México y el Estado de Querétaro, entre las coordenadas 20° 08' y 20° 20' Norte y entre 99° 30' y 99° 51' Oeste, con una altitud entre 2200 y 3000 msnm, de clima templado subhúmedo con lluvias en verano, temperatura media anual 14 °C, con heladas noviembre a enero, y una precipitación anual entre 500 y 800 mm (INEGI, 2009). El experimento se llevó a cabo durante la temporada de lluvias (del 4 de junio al 10 de julio de 2017) en un periodo de 36 días.

### Pastizales

La unidad de producción cuenta con dos pastizales para pastoreo. El Pastizal 1 (*Agave*) con superficie de 11.76 ha y Pastizal 2 (Potrero) de 18.86 ha. En estos pastizales pastorea el hato de producción formado por 10 vacas en lactación y un toro. La carga animal durante la época de lluvias es de 0.36 unidades ganaderas bovinas/ha, o 2.78 ha/vaca o toro.

Los dos pastizales tuvieron un manejo de pastoreo continuo por 9 h al día; en cada pastizal el hato permaneció 4.5 h pasando al otro pastizal por otras 4.5 h al día; alternando cada día el pastizal al que ingresaba el hato en primera instancia.

Ambos pastizales no habían tenido en el pasado ningún otro tipo manejo o intervención del productor (como fertilizaciones), fuera de la introducción del ganado para pastorear de manera alterna como se ha descrito.

Se registró la altura del pastizal al inicio del experimento y al final de cada periodo experimental con un medidor tipo plato ascendente (Hodgson, 1994), tomando 25 medidas de la altura en zigzag en cada uno de los pastizales utilizados.

La masa herbácea se estimó al final de cada periodo experimental cortando a raz de suelo dentro de cinco marcos de metal de 0.25 m x 2.0 m por pastizal, colocados al azar. Las muestras se secaron

a 60°C a peso constante en estufa de aire forzado, expresando resultados como kg de materia seca (MS)/ha.

### Animales

Se utilizaron 10 vacas multíparas en lactación de raza Holstein, en segundo y tercer tercio de lactación, con 154 días en lactación en promedio, un rendimiento inicial de 13.5 kg/vaca al día. De acuerdo al rendimiento de leche y tercio de lactación se formaron dos grupos homogéneos.

El ordeño se realizó dos veces al día a las 6:00 y 17:00 h. El rendimiento de leche por vaca se registró en los tres días de medición de cada periodo experimental en cada ordeña con una báscula de reloj con capacidad de 20 kg, durante esos últimos tres días de cada periodo se tomaron muestras de leche para determinar la composición fisicoquímica de la leche (grasa, proteína y lactosa) con un analizador de leche por ultrasonido. La condición corporal se evaluó al inicio y término de cada periodo experimental en una escala de 1 (muy delgada) a 5 (muy gorda).

Después el pastoreo las vacas permanecieron durante la noche en un establo sin recibir ningún tipo de alimento, pero con acceso a agua *ad libitum*.

### Tratamientos

El experimento tuvo una duración de 36 días, divididos en tres periodos de 12 días cada uno, de los cuales 9 fueron de adaptación a la dieta y los últimos tres días de toma de muestras, con periodos experimentales de duración similar al reportado por Miguel *et al.* (2014), quienes mencionan que cuando la alimentación no sufre grandes cambios, se pueden tener periodos de evaluación cortos, además Pérez-Prieto *et al.* (2012) realizó un experimento con periodos experimentales de 12 días cada uno, tal y como se realizó en este experimento.

Los tratamientos fueron Tratamiento A (TxA) suplementación de 6.0 kg/vaca al día en base fresca de un concentrado experimental (CEXP) compuesto en base fresca (BF) por 35 % de pasta de canola y 65 % de mazorca de maíz (grano, raquis y brácteas) más sales minerales en comparación Tratamiento B (TxB) con 6.0 kg/vaca al día en base fresca un concentrado balanceado comercial (CBC), más 9 horas/día de pastoreo continuo en pastizales nativos. En todo momento las vacas tuvieron acceso a agua *ad libitum*.

### Análisis químico de alimentos

Al final de cada periodo se recolectaron muestras de pasto o hierba (Ferrer *et al.*, 2001) de cada pastizal durante tres días mediante pastoreo simulado. Se determinó la composición química de una muestra compuesta de los tres días. Igualmente se tomaron muestras de los dos concentrados al final de cada periodo.

Se determinó el contenido de materia seca de las muestras de pastizales y concentrados a peso constante a 60°C en estufa de aire forzado, y cenizas mediante incineración a 550°C.

La proteína cruda se determinó por el método Kjeldahl, la fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) mediante el método de micro-bolsas (Ankom Technology, 2005). Igualmente se determinó la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) mediante incubación en líquido ruminal.

### Análisis económicos

Se realizó un análisis económico siguiendo un análisis de presupuestos parciales (Dillon y Hardaker, 1980), tomando en consideración todos los costos de alimentación (manifestando un costo de oportunidad de 1,000.00 mxn/ha para los pastizales) y los retornos de las ventas de leche como se ha hecho en trabajos anteriores (Martínez-García *et al.*, 2015).

### Análisis estadístico

El experimento tuvo una duración de 36 días, divididos en tres periodos de 12 días cada uno, de los cuales 9 fueron de adaptación a la dieta y los últimos tres días de toma de muestras, con periodos experimentales de duración similar al reportado por Miguel *et al.* (2014).

Para las variables animales, se llevó a cabo un experimento doble reversible, con un grupo de 5 vacas siguiendo la secuencia de tratamientos CEXP – CBC – CEXP; y el otro grupo de 5 vacas siguiendo una secuencia CBC – CEXP – CBC. Las variables se analizaron mediante el modelo:

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

Dónde:

$\mu$  = Media general

$s$  = Efecto debido a secuencia de tratamientos  $i = 1, 2$

$c$  = Efecto debido vacas dentro de la secuencia  $j(i) = 1, 2, \dots, 5$ .

$t$  = Efecto debido al tratamiento  $k = 1, 2$

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

$e_{ijkl}$  = Variación residual

En caso de diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) se aplicó la prueba de Tukey.

Para las variables de producción de altura y masa herbácea de los pastizales, se utilizó un diseño de parcelas divididas recomendado por Stroup *et al.* (1993) para experimentos en finca donde las repeticiones son limitadas.

Estos resultados se analizaron por análisis de varianza con el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + E_j + p_k + TXp_{ijk} + e_{ijk}$$

Dónde:

$Y_{ijk}$  = Variable respuesta

$\mu$  = Media general;

$T$  = Efecto de pastizal (Parcela Mayor)  $i = 1, 2$

$E$  = Término residual para las Parcelas Mayores

$p$  = Efecto de los periodos experimentales (Parcela Menor)  $j = 1 \dots 4$

$TXp$  = Efecto de la interacción entre los tratamientos y periodo experimental

$e$  = Término residual para las Parcelas Menores

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Altura y masa herbácea de los pastizales

La Tabla 1 muestra los resultados de las variables altura de los pastizales y masa herbácea. No obstante, la baja carga animal, la altura promedio fue de solo 4.35 cm estando por abajo del umbral de 5 cm fijado como altura óptima con medidor de plato ascendente para no limitar el consumo de bovinos en pastoreo. Entre periodos, aunque las diferencias tampoco fueron significativas se observó una recuperación en la altura media de los pastizales, lo que indica una mejora en las condiciones de pastoreo.

Sainz-Sánchez *et al.* (2017) reportaron alturas comprimidas promedio de 2.9 y 3.1 cm para pastizales nativos con alta y carga animal respectivamente, en el municipio de Aculco, México. Es importante mencionar que la carga animal en ese experimento fue mucho más elevada que el trabajo aquí reportado, ya esos autores evaluaron cargas animal de 2.0 y 4.0 vacas por hectárea, un uso muy intensivo del pastizal, en comparación con 0.38 vacas/ha en este experimento.

Si bien algunas especies de gramíneas de los pastizales nativos de los Valles Altos del centro de México pueden alcanzar alturas de hasta 50 cm, la defoliación frecuente impuesta por el pastoreo los mantiene mucho más cortos que la altura potencial a la que podrían llegar de no ser pastoreados (Rzedowski, 2006).

No obstante, una diferencia numérica con una masa herbácea promedio en el Pastizal 1 37% mayor que en el Pastizal 2, no se detectaron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) en la masa herbácea presente en los pastizales, como indicador de disponibilidad de hierba, dada la gran variación que presenta la heterogeneidad de un pastizal en pastoreo. Igualmente, no se detectaron diferencias estadísticas ( $P>0.05$ ) entre periodos; pero al igual que en el caso de la altura, se observaron mejores condiciones en el Pastizal 1 y un incremento de la masa herbácea en el tiempo de 28.4 kg MS/ha por día del experimento.

A pesar de no encontrar diferencias estadísticas significativas, se puede observar que hubo una gran acumulación de materia seca en ambos pastizales, lo que indica una baja presión de pastoreo. Tal desempeño también fue registrado por Sainz-Sánchez (2014) donde observó aumentos significativos en la masa herbácea entre periodos en un pastizal nativo en el noroeste del Estado de México.

#### Composición química de forraje y concentrados

La Tabla 2 presenta los resultados de los análisis químicos del pasto de los pastizales utilizados. El contenido promedio de PC fue de 100.4 g CP/kg MS, insuficiente para cubrir los requerimientos de proteína cruda para vacas con rendimiento moderado de leche que es de 120 g/kg (ARC, 1980).

El ligero mayor contenido de PC del pastizal 1 con respecto al Pastizal 2, está asociado a una mayor presencia de leguminosas nativas de ciclo primavera-verano, donde la principal leguminosa identificada fue *Medicago polymorpha* (Carretilla) la cual contiene una gran cantidad de proteína, por lo que el contenido de CP del Pastizal 1 mejora con su presencia. Este efecto fue reportado por Gizachew y Smit (2012) para pastizales nativos en Etiopía.

Los resultados obtenidos en este trabajo son similares o se encuentran en rango con respecto a los reportados por otros autores que evaluaron pastizales nativos en el altiplano central de México. Sainz-Sánchez *et al.* (2017) observó contenidos promedio entre 98 y 126 g/kg MS, mientras que Rayas-Amor *et al.* (2012) reportaron un contenido promedio de PC de 106 g/kg MS; un valor igual al reportado por Bartl *et al.* (2011) en pastizales nativos en las tierras altas de Perú con un contenido de proteína cruda de 106 g/kg; y semejante al valor promedio reportado en este trabajo.

El contenido medio de fibra de los dos pastizales fue de 596.5 g FDN/kg MS y de 263.0 g FDA/kg MS, sin existir diferencias significativas entre pastizales, ni entre periodos ( $P>0.05$ ).

Los resultados obtenidos tanto para FDN y FDA son inferiores a los reportados por otros autores en el altiplano central de México. Rayas-Amor *et al.* (2012), en pastizales nativos del Valle de Toluca, reportaron 641 g/kg MS para contenido de FDN y 321 g/kg MS de FDA; y Sainz-Sánchez *et al.* (2017) en el noroeste del estado de México evaluando dos pastizales nativos encontrando valores de FDN de 625.2 y 632.9 g/kg MS y valores de FDA de 317.3 y 332.5 g/kg MS.

En otras partes del mundo donde el pastoreo de pastizales nativos también es un recurso vital para la producción de leche en pequeña escala, se encuentran resultados similares. Tessema *et al.* (2010) en las tierras altas de Etiopía reportaron un contenido de proteína cruda de pastizales nativos utilizados para la producción de leche entre 68 y 141 g/kg MS dependiendo del tiempo de crecimiento. En el menor tiempo de crecimiento del pastizal reportaron un contenido de NDF de 581 g/kg MS, semejante al trabajo aquí reportado, pero con un contenido de FDA de 399 g/kg MS, mayor que el registrado en este trabajo, por lo que la calidad nutricional, expresada en la digestibilidad in vitro de la materia orgánica fue baja (526 g/kg MO).

**Tabla 1. Altura y Masa herbácea de los pastizales evaluados.**

Variable	Pastizal		EEMPM	Periodos			EEMpm
	1	2		1	2	3	
<b>Altura (cm)</b>	5.3	3.4	1.38 <sup>NS</sup>	3.0	4.2	5.8	1.46 <sup>NS</sup>
<b>Masa herbácea (kg MS/ha)</b>	1878.0	1371.5	358.2 <sup>NS</sup>	1298.8	1594.0	1982.0	342.5

EEMPM= Error estándar de la media de pastizal, EEMpm= Error estándar de la media de periodo NS= No significativo ( $p>0.05$ ).

**Tabla 2. Composición bromatológica de los pastizales utilizados.**

Variable	Pastizal			Periodos			EEMpm
	1	2	EEMPM	1	2	3	
PC (g/kg MS)	102.4	98.3	2.9 <sup>NS</sup>	94.7	98.6	107.7	6.6 <sup>NS</sup>
FDN (g/kg MS)	598.19	594.7	2.4 <sup>NS</sup>	603.4	590.3	596.6	6.5 <sup>NS</sup>
FDA (g/kg MS)	271.7	264.2	5.3 <sup>NS</sup>	276.2	270.4	257.2	9.7 <sup>NS</sup>
Cenizas (g/kg MS)	135.6	125.5	7.1 <sup>NS</sup>	141.4	122.7	127.5	9.6 <sup>NS</sup>
DIVMS (g/kg MS)	527.8	525.9	1.2 <sup>NS</sup>	511.7	511	557.8	26.8 <sup>NS</sup>

PC= proteína cruda, FDN= Fibra detergente neutro, FDA= Fibra detergente ácido, DIVMS= Digestibilidad *in vitro* de la materia seca, EEMPM= Error estándar de la media de pastizal, EEMpm= Error estándar de la media de periodo NS= No significativo ( $p>0.05$ ).

En contraste Sainz-Sánchez *et al.* (2017) reportó resultados similares a los de este trabajo evaluando dos pastizales nativos (597.3 y 592.2 g/kg MO. La madurez de la planta y la lignificación influyen en la digestibilidad de la materia orgánica.

La Tabla 3 presenta los resultados del análisis químico de los concentrados utilizados. El concentrado experimental hecho con base en pasta de canola y mazorca de maíz cumplió con el objetivo de ser similar al concentrado balanceado comercial pues tuvo un contenido de proteína cruda, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, digestibilidad *in vitro*, y una energía metabolizable estimada similar al del concentrado balanceado comercial.

Cuando se utiliza la mazorca completa molida (grano, raquis conocido como olote, y brácteas que son las hojas que cubren la mazorca) el contenido energético disminuye significativamente y la cantidad de fibra aumenta, debido al olote y a la hoja. Se trata de un suplemento de moderado contenido de energía para el ganado con 8.0 MJ de energía metabolizable (EM)/kg de materia seca (MS), que al no requerir del deshojado y desgranado, disminuye los costos de alimentación. Además, como todos los productos de maíz, es un bajo contenido proteico (Velarde-Guillén *et al.*, 2019). Como ventaja es que el mayor contenido de

fibra hace de este ingrediente para concentrados un alimento seguro con un mínimo riesgo de provocar acidosis ruminal (Heuzé *et al.*, 2019a), sin embargo, el uso de una oleaginosa rica en proteína cruda, compenso de alguna manera el nivel de proteína cruda del concentrado experimental, así de la misma manera aumento la energía metabolizable.

No hubo diferencias significativas ( $P>0.05$ ) para ninguna de las variables de producción animal (Tabla 4). El rendimiento de leche promedio fue de 13.5 kg/vaca/día con una media de 35.7 g de grasa/kg y 32.0 g de proteína/kg; con un índice de condición corporal promedio de 2.95. El rendimiento medio de leche fue igual al que tenían las vacas al inicio del experimento.

Comparando los resultados de producción de leche con los obtenidos por Sainz-Sánchez *et al.* (2017), la producción promedio de las vacas con un alto nivel de suplementación y una baja carga animal fue de 11.6 kg /vaca/día, mientras que en este trabajo ambos tratamientos obtuvieron una producción mayor.

El contenido de grasa y proteína de la leche de ambos tratamientos, cumplió las especificaciones de la norma NMX-F-700, COFOCALEC-2004 para la leche cruda de vaca.

**Tabla 3 Análisis bromatológicos de los concentrados utilizados.**

Variable	MS g/kg MS	Cenizas g/kg MS	PC g/kg MS	FDN g/kg MS	FDA g/kg MS	DIVMS g/kg MS	eME (MJ/Kg MS)
CEXP	936	58	169	282	133	823	12.2
CBC	907	99	172	297	143	801	11.9

CEXP = Concentrado Experimental, CBC= Concentrado Balanceado Comercial, PC= proteína cruda, FDN= Fibra detergente neutro, FDA= Fibra detergente ácido, DIVMS= Digestibilidad *in vitro* de la materia seca, eME= Energía Metabolizable estimada

**Tabla 4. Respuesta productiva y calidad fisicoquímica de la leche en vacas en pastoreo de dos pastizales nativos.**

Variable	TxA	TxB	EEM
RL(kg/d)	13.42	13.63	0.16 <sup>NS</sup>
ICC (1-5)	2.90	3.00	0.08 <sup>NS</sup>
Grasa (g/kg)	36.13	35.26	0.45 <sup>NS</sup>
Proteína (g/kg)	32.03	32.06	0.46 <sup>NS</sup>
SNG (g/kg)	84.68	84.74	0.24 <sup>NS</sup>

RL = Rendimiento de la leche, ICC = Índice de condición corporal, SNG = Solidos no grasos, EEM = Error estándar de la media, NS= No significativo (p>0.05)

Por otro lado, el uso de pastas de oleaginosas como la canola, los cuales contienen residuos de aceite que no pudieron ser extraídos, promueve un aumento de la cantidad de grasa en la leche ya que estos aceites pueden escapar de la digestión ruminal y permitir un mejor aprovechamiento por el animal.

El costo del concentrado experimental fue de \$5.30/kg en base fresca, 12% menor al costo del concentrado balanceado comercial (Tabla 5).

### CONCLUSIÓN

La producción de leche, la condición corporal, así como la grasa y proteína en leche fueron similares

tanto en vacas alimentadas con concentrado comercial balanceado, como con el concentrado experimental, sin embargo, tomando en cuenta el costo del concentrado experimental, resulta más barato comparado con el concentrado comercial, lo cual puede representar un ahorro para el productor.

### Agradecimientos

Los autores expresan su gratitud al productor participante y a su familia, cuya privacidad se respeta al no mencionar sus nombres.

**Financiamiento.** Este trabajo se llevó a cabo gracias al financiamiento del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) a través del proyecto 129449 CB-2009 y las becas para estudios de posgrado de Aida Gómez Miranda y Jesús Israel Vega García.

**Conflicto de interés.** Los autores declaramos que estamos de acuerdo en cómo se presenta la información y el orden en que aparecen los autores, así mismo declaramos que no existe conflicto de interés.

**Cumplimiento de estándares de ética.** El trabajo se llevó a cabo de acuerdo a los procedimientos establecidos por la Universidad Autónoma del Estado de México

**Disponibilidad de datos.** Los autores declaramos que, una vez aceptado el artículo, la revista decide sobre la publicación y distribución del documento.

**Tabla 5. Análisis de costos parciales en moneda nacional mexicana (MXN).**

	TxA		TxB	
	CEXP	Pastizal nativo	CBC	Pastizal nativo
Costo unitario	\$5.30	\$3.20	\$6.00	\$3.20
Alimento (kg / vaca/día)	6	NA	6	NA
Costo total (vaca/día)	\$31.80	\$3.20	\$36.00	\$3.20
Costos de alimentación (vaca/día)	\$35.00		\$39.20	
Tiempo de medición (días)	36		36	
Costo total (\$)	\$5,724.00	\$576.00	\$6,480.00	\$576.00
Costo total por tratamiento	\$6,300.00		\$7,056.00	

CEXP = Concentrado Experimental, CBC= Concentrado Balanceado Comercial, NA= No aplica, FM= Base Fresca.

## REFERENCIAS

- Alfonso-Ávila, A.R., Wattiaux, M.A., Espinoza-Ortega, A., Sánchez-Vera, E. and Arriaga-Jordán, C.M. 2012. Local feeding strategies and milk composition in small-scale dairy production systems during the rainy season in the highlands of Mexico, *Tropical Animal Health and Production*, 44:637-644. DOI: 10.1007/s11250-011-9947-5.
- ARC. Agricultural Research Council. 1980. *The nutrient requirements of ruminant livestock*. Technical Review by an Agricultural Research Council Working Party, Common wealth Agricultural Bureau, Farnham Royal, UK.
- Ankom Technology. 2005. Procedures (for NDF and ADF). *In vitro* true digestibility using the DAISY II incubator. Disponible en <http://www.ankom.com> [Última consulta: 27 de agosto de 2019].
- Auldust, M., Marett, L., Greenwood, J., Wright, M., Hannah, M., Jacobs, J. and Wales, W. 2016. Milk production responses to different strategies for feeding supplements to grazing dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 99:1-15. DOI: 10.3168/jds.2015-9834.
- Bartl, K., Gómez, C.A. and Nemecek, T. 2011. Life cycle assessment of milk produced in two smallholder dairy systems in the highlands and the coast of Peru. *Journal of Cleaner Production*, 19: 1494-1505. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652611001260>.
- Conroy, C. 2005. *Participatory Livestock Research*. ITDG Publishing, Bourton on Dunsmore, Warwickshire, U.K.
- Cuevas-Reyes, V., Espinosa-García, J.A., Flores-Mendiola, A.B., Romero-Santillán, F., Vélez-Izquierdo, A., Jolalpa-Barrera, J.L. and Vázquez-Gómez R. 2007. Diagnóstico de la cadena productiva de leche de vaca en el estado de Hidalgo, *Técnica Pecuaria en México*. 45:25-40. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61345103>.
- Dillon, J. and Hardaker, J.B. 1980. Farm management research for small farmer development. *FAO Agricultural Services Bulletin* 41, Food and Agriculture Organization (FAO), Rome, Italy.
- 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. DOI: 10.1017/S0014479706004613.
- 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.
- Ferrer, C., San Miguel, A. and Olea, L. 2001. Nomenclátor básico de pastos de España, *Pastos*, 29: 7-44. Disponible en: <http://polired.upm.es/index.php/pastos/article/view/1694>.
- Gizachew, L. and Smit G. 2012. The status and importance of crude protein and macro minerals in native pastures growing on Vertisols of the central highlands of Ethiopia. *Journal of Environmental Management*. 93:177-184. DOI: 10.1016/j.jenvman.2011.09.003.
- Hemme, T. 2019. Team of IFCN Dairy Research Center and all IFCN researchers, IFCN Dairy Report 2009, International Farm Comparison Network, Dairy Research Center, Kiel, Germany. DOI: 10.13140/2.1.4732.7365.
- Heuzé, V., Tran, G. and Lebas, F. 2019a. Ear maize. Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO. Disponible en: <https://www.feedipedia.org/node/713>. [Última consulta: 18 de agosto de 2019].
- Heuzé, V., Tran, G., Sauvant, D., Lessire, M. and Lebas, F. 2019b. Rapeseed meal. Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO. <https://www.feedipedia.org/node/52>. [Última consulta: 18 de agosto de 2019].
- Hodgson, J. 1994. *Manejo de pastos. Teoría y práctica*. Diana, México.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2009. *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*. Nopala de Villagrán, Hidalgo. Disponible en:



- [http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/13/13044.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/13/13044.pdf) . [Última consulta: 18 de agosto de 2019).
- Martínez-García, C.G., Rayas-Amor, A., Anaya-Ortega, J.P., Martínez-Castañeda, F.E., Espinoza-Ortega, A., Prospero-Bernal, F. and 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. DOI: 10.1007/s11250-014-0724-0.
- 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. DOI: 10.1071/AN14382.
- Pérez-Prieto LA, Peyraud JL, 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. DOI: 10.1111/j.1365-2494.2012.00876.x.
- Prospero-Bernal, F., Martínez-García, C. G., Olea-Pérez, R., López-González, F., and 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. DOI: 10.1007/s11250-017-1360-2.
- Rayas-Amor, A.A., Estrada-Flores, J.G., Mould, F.L. and Castelán-Ortega, O.A. 2012. Nutritional value of forage species from the Central Highlands Region of Mexico at different stages of maturity. *Ciencia Rural*. 42:705-712. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v42n4/a9712cr3197.pdf> .
- Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México*. 1a. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Sainz-Sánchez P.A. 2014. Uso de pastizal nativo en un sistema de producción de leche a pequeña escala en el noroeste del estado de México (Tesis de Licenciatura). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México, México.
- Sainz-Sánchez, P.A., López-González, F., Martínez-García, C.G., Estrada-Flores, J.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.
- Stroup, W., Hildebrand, P. and Francis, C. 1993. Farmer participation for more effective research in sustainable agriculture. In: *Technologies for Sustainable Agriculture in the Tropics*. Editado por Regland J, Rattan L. 153-186 pp. Soil Science Society of America, Inc., American Society of Agronomy, Inc. and Crop Science Society of America, Inc., USA.
- Tessema, Z., Ashagre, A., Solomon, M. 2010. Botanical composition, yield and nutritional quality of grassland in relation to stages of harvesting and fertilizer application in the highlands of Ethiopia. *African Journal of Range and Forage Science*. 27:117-124. DOI: 10.2989/10220119.2010.530460.
- 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 G. and 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. DOI: /doi.org/10.1071/AN15375.