



## EVALUACIÓN DE ENSILADO DE ARVENSES EN LA ALIMENTACIÓN DE GANADO LECHERO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA †

[EVALUATION OF WEED SILAGE IN DAIRY CATTLE FEEDING IN SMALL-SCALE DAIRY SYSTEMS]

Aída Gómez-Miranda<sup>1</sup>, Carlos Manuel Arriaga-Jordán<sup>1</sup>,  
Rodolfo Vieyra-Alberto<sup>2</sup>, Joaquín Miguel Castro-Montoya<sup>3</sup>  
and Felipe López-González<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, 50090 Toluca, Estado de México, México. E-mails:

[agomezml11@alumno.uaemex.mx](mailto:agomezml11@alumno.uaemex.mx); [flopezg@uaemex.mx](mailto:flopezg@uaemex.mx);  
[cmarriagaj@uaemex.mx](mailto:cmarriagaj@uaemex.mx)

<sup>2</sup>Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Av. Universidad km 1, Tulancingo de Bravo 43600, México. E-mail:

[rodolfo\\_vieyra@uaeh.edu.mx](mailto:rodolfo_vieyra@uaeh.edu.mx)

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Agronómicas, Escuela de posgrado, Universidad de El Salvador, Final 25 av N, San Salvador, El Salvador. E-mail:

[joaquin.montoya@ues.edu.sv](mailto:joaquin.montoya@ues.edu.sv)

\*Corresponding author

### SUMMARY

**Background:** The use of weeds in animal feed is a common practice in Mexico. **Objective:** To evaluate the ensilage of grasses as forage alternatives in the feeding of cows in small-scale milk production systems. **Methodology:** Two grass silages were evaluated: Slg-40 with 40% mirasol and 30% barley, and Slg-60 with 60% mirasol and 40% grasses and other grasses, with corn silage (Slg-Mz), supplemented with 4.1 kg MS of commercial concentrate. In a 3X3 Latin square repeated twice with 6 cows and 14-day periods. Forage chemical composition and productive response were evaluated. **Results:** An average content of Neutral Detergent Fibre of 650 g/kg MS, Acid Detergent Fibre of 479 g/kg MS, and Crude Protein of 62 g/kg DM were reported in the grass silages; estimated metabolizable energy levels of 7 and 8 MJ/kg DM were reported for the SLG-40 and Slg-Mz silages, respectively. In the productive response a higher fat content is reported for the Slg-40 treatment, with respect to Slg-60, for milk yield, protein, lactose, milk urea nitrogen, dry matter intake, live weight and body condition no differences were reported ( $p>0.05$ ). **Implications:** This work raises the use of vetch as silage in animal feeding. **Conclusion:** Silage of weed proved to be a feeding alternative in the face of forage shortage scenarios.

**Key words:** Weeds; *Cosmos bipinnatus*; maize silage; barley.

### RESUMEN

**Antecedentes:** El uso de arvenses en la alimentación animal es una práctica común en México. **Objetivo:** Evaluar el ensilado de arvenses como alternativas forrajeras en la alimentación de vacas en sistemas de producción de leche en pequeña escala. **Metodología:** Se evaluó dos ensilados de arvenses Slg-40 con un 40% de mirasol y 30% de cebada, y Slg-60 con un 60% de mirasol y 40% de pastos y otras arvenses, con ensilado de maíz (Slg-Mz), suplementado con 4.1 kg MS de concentrado comercial. En un cuadro latino 3X3 repetido dos veces con 6 vacas y periodos de 14 días. Se evaluó la composición química de los forrajes y la respuesta productiva. **Resultados:** Se reportó un contenido promedio de Fibra Detergente Neutro de 650 g/kg MS, Fibra Detergente Ácido de 479 g/kg MS, y Proteína Cruda de 62 g/kg MS en los ensilados de arvenses; se reportan niveles de energía metabolizable estimada de 7 y 8 MJ/kg MS para los ensilados SLG-40 y Slg-Mz, respectivamente. En la respuesta productiva se reporta un mayor contenido de grasa para el tratamiento Slg-40, respecto a Slg-60, para el rendimiento de leche, proteína, lactosa, nitrógeno ureico en leche, consumo de materia seca, peso vivo y condición corporal no se reportaron diferencias ( $p>0.05$ ). **Implicaciones:** Este trabajo plantea el uso de arvenses como ensilado en la alimentación animal. **Conclusión:** El ensilado de arvenses demostró ser una alternativa de alimentación, ante escenarios de escases de forraje.

**Palabras clave:** Arvenses, *Cosmos bipinnatus*, ensilado de maíz, cebada.

† Submitted April 12, 2023 – Accepted May 16, 2023. <http://doi.org/10.56369/isaes.4900>



Copyright © the authors. Work licensed under a CC-BY 4.0 License. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ISSN: 1870-0462.

ORCID = Felipe López González: <http://orcid.org/0000-0001-7769-3755>

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción en pequeña escala están relacionados directamente con la seguridad alimentaria por las funciones ambientales y socioeconómicas que representan (Gliessman 2014); sin embargo, su nivel de sostenibilidad se ve comprometido a nivel económico enfrentando retos por el alto consumo de insumos externos, ya sean concentrados o forrajes para el mantenimiento de sus animales en la época de estiaje (Prospero-Bernal *et al.* 2017), esto se ha visto remarcado por los constantes cambios climáticos (los patrones de lluvia, temperaturas extremas), ocasionando disminución en el rendimiento productivo de los cultivos o las pérdidas de los mismos. Se estima que los próximos 20 años la demanda de productos pecuarios podría duplicarse como consecuencia del crecimiento económico, el cambio en los patrones de consumo de los países de bajos y medianos ingresos o la urbanización (Alders *et al.* 2021). Siendo el uso de plantas de crecimiento secundario conocidas como arvenses una alternativa como forraje en los cultivos durante la época de lluvias que si bien, se demuestra que merman la producción de los cultivos teniendo como práctica habitual el uso de agroquímicos para su control, pero a su vez dejan residuos dañinos en los cultivos, en los suelos y el medio ambiente (Aamir Iqbal *et al.* 2020), en estudios realizados por Hernández-Pineda *et al.* (2018), donde se evaluó la emisión de metano entérico, encontraron que algunas arvenses (*Cosmos bipinnatus*) que se usan en la alimentación animal disminuyen las emisiones de metano, representando un mayor interés por su comportamiento como alternativa en la alimentación animal.

En México el uso de arvenses suele ser una práctica habitual, sobre todo en las zonas rurales donde son utilizadas dentro de la alimentación humana como plantas medicinales, así como forraje para los animales (Gutiérrez *et al.* 2008). A nivel mundial se han evaluado distintas especies de plantas conocidas que han sido catalogadas como arvenses, describiendo sus propiedades físico-químicas y su impacto en rumiantes, tal es el caso de *Cosmos bipinnatus*, con un contenido nutricional por encima de otros forrajes, con un contenido de proteína cruda entre 105-115 g/kg MS, de Fibra Detergente Neutro de 435-470 g/kg MS, de Fibra Detergente Acido 387-417 g/kg MS, (Gutiérrez *et al.* 2008; Aamir Iqbal *et al.* 2020), aunque no se han reportado valores de digestibilidad.

La disponibilidad de las arvenses suele estar relacionada con la época de lluvia, cuando la disponibilidad de forraje convencional es abundante, por lo que la propuesta es utilizarse cuando existe una deficiencia de forraje disponible, por lo que la conservación mediante el ensilaje se convierte en una opción a evaluar, por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue la evaluación de

ensilados de arvenses comparado con ensilado de maíz, en la alimentación de ganado lechero durante la época de sequía en sistemas de producción de leche en pequeña escala.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sitio experimental

El experimento fue realizado al noroeste del Estado de México, en el municipio de Aculco en las coordenadas 20°10' N 99°48' O a 2400 msnm, de clima templado subhúmedo, con una temporada de lluvias marcada entre mayo-octubre (800 mm de precipitación pluvial) y una temporada de sequía durante los meses de noviembre a abril, con una temperatura media 13.2°C, en una unidad de producción de leche en pequeña escala bajo el enfoque de investigación participativa rural en colaboración con el propietario (Conroy 2005); los análisis de laboratorio así como el análisis de datos, fueron realizados en el Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, ubicado en Toluca, Estado de México.

### Forraje

El forraje para los ensilados a evaluar fue obtenido de dos praderas de cebada post- pastoreo C-133 y C-140 (identificadas por los días de siembra a la cosecha) con un gran número de arvenses, cuya composición se determinó previo al ensilaje utilizando un cuadrante de 0.16 m<sup>2</sup> (0.4 m X 0.4 m) realizando 5 cortes por hectárea, se hizo la separación manualmente (Van der Colf *et al.* 2015, Sanderson *et al.* 2005) las especies identificadas fueron Cebada (*Hordeum vulgare*), mirasol (*Cosmos bipinnatus*), rábano silvestre (*Raphanus raphanistrum*) localmente llamado como “mostaza” así como diversas gramíneas agrupadas en el grupo de pastos, y un número menor de arvenses no identificadas, tal como se muestra en la Tabla 1; la identificación de las plantas se hizo utilizando la guía de Malezas de México (CONABIO); para el caso de cebada, su identificación fue por ser el cultivo conocido de la pradera. Por lo cual los ensilados obtenidos se identificaron de acuerdo con el porcentaje de la planta de mayor presencia, quedando de la siguiente forma: Slg-40= ensilado obtenido de la pradera con un 42% de mirasol y 33% de cebada, Slg-60= ensilado con un contenido de 61% de mirasol; la cosecha se realizó utilizando una ensiladora tipo chopper, los silos fueron tipo pastel uno por cada pradera, abriéndose a los 128 días después de su elaboración.

El ensilado de maíz utilizado como tratamiento control (Slg-MZ) fue adquirido en la zona a un costo de 0.16 USD (Dólar estadounidense) siendo una práctica habitual del productor la compra de ensilado de maíz (elaborado con maíz criollo de la zona) durante la época de estiaje siendo esta investigación una colaboración de forma

participativa se busca trabajar sin modificar o afectar sus prácticas, la compra del ensilado escenifica el uso de insumos externos en estos sistemas de producción de leche.

Se estimó el rendimiento forrajero de las praderas de cebada y arvenses tomando en cuenta la acumulación neta de forraje (ANF) durante el periodo del pastoreo de la pradera, así como el rendimiento calculado durante el corte para la elaboración del ensilado y el forraje residual, que fue utilizado para un posterior pastoreo de todo el ganado del productor.

### Desarrollo del trabajo

El experimento se llevó a cabo del 6 de febrero al 19 de marzo del 2021 durante la época de sequía. Se seleccionaron 6 vacas cruza de Holstein multíparas con un peso vivo promedio (PV) de  $462 \pm 12.59$  kg, con rendimiento de leche promedio (RL) de  $11.38 \pm 2.04$  kg/vaca/d, se agruparon en 2 grupos alta ( $18.44 \pm 3.11$  kg/leche/vaca/d) y baja producción ( $6.70 \pm 0.81$  kg/leche/vaca/d) en el primer y tercer tercio de lactancia respectivamente con 3 vacas cada uno. El diseño experimental fue un cuadrado latino 3x3 replicado 2 veces, delimitados con periodos experimentales de 14 días (10 de adaptación a los tratamientos y 4 para muestreos) siguiendo a Pérez-Ramírez *et al.* (2012).

El trabajo de campo fue llevado a cabo respetando con los productores y el manejo de los animales durante el experimento, fueron realizados bajo los procedimientos aceptados de la Universidad Autónoma del Estado de México (Toluca, Estado de México, México).

### Tratamientos

Los tratamientos fueron con una relación 60:30 de forraje/concentrado descritos de la siguiente forma: Slg-40=10 kg MS/vaca/d de ensilado de arvenses y cebada; Slg-60=10 kg MS/vaca/d de ensilado de arvenses, y Slg-Mz=10 kg MS/vaca/d de ensilado de maíz como tratamiento control, administrando todos los tratamientos de las siguiente manera: 5 kg MS en la mañana y 5 kg MS por la tarde, suplementados con 4.1 kg MS de concentrado comercial, todas las vacas eran sacadas de los corrales donde eran administradas las dietas a una zona de descanso después de la ordeña de la mañana, en un periodo de 6 horas hasta la ordeña de la tarde.

### Composición química de los alimentos

El muestreo de los ensilados se realizó de forma manual en cada periodo experimental (Kaiser *et al.* 2004); las muestras fueron guardadas y almacenadas para su posterior análisis en el laboratorio, las muestras fueron secadas a 55°C para la determinación del contenido de materia seca (MS), para la determinación de materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica, (DIVMO), fueron seguidos los procedimientos estándar descritos por Celis-Álvarez *et al.* (2016).

La energía metabolizable estimada (eME) se calculó a partir de la fórmula descrita por el AFRC (Agricultural and Food Research Council 1993) utilizando la DMOD (materia orgánica digestible en materia seca) EM (MJ/kg MS) =  $0.0157 * DMOD$  g/kg MO.

### Respuesta productiva

Las vacas fueron ordeñadas manualmente, dos veces al día a las 7:00 y 17:00 h. Midiendo el rendimiento de leche (RL) en una báscula de reloj con una capacidad de 20 kg en cada ordeña durante los últimos cuatro días de cada periodo experimental, se calculó el rendimiento de leche corregido en grasa (LGC) usando el Dairy Records Management Systems (2014), con la ecuación  $3.5\% \text{ LGC (kg/d)} = (0.4255x \text{ rendimiento de leche [kg/day]}) + (16.425x \text{ rendimiento de grasa [kg/day]})$ . Se tomaron muestras para realizar una alícuota considerando los rendimientos de leche por ordeña; se determinó el contenido de grasa, proteína y lactosa utilizando un analizador de leche ultrasónico (Lactoscan), y para la determinación de nitrógeno ureico en leche (NUL), se siguió la metodología descrita por Chaney and Marbach (1962). Para la estimación del rendimiento de cada componente, este fue multiplicado por el rendimiento de leche.

El peso vivo (PV) y la condición corporal (CC) fueron medidos los últimos dos días de cada periodo experimental; para el PV se utilizó una báscula electrónica con capacidad para 1000 kg (Gallager W210), para estimar la CC se utilizó una escala de 1-5 de acuerdo con Bewley *et al.* (2010). Para determinar el consumo de materia seca de los ensilados se realizó mediante la diferencia del forraje ofrecido y los rechazos, para el consumo

**Tabla 1. Composición botánica de las praderas previo al ensilaje (%).**

Pradera	Cebada	Mirasol <sup>1</sup>	Mostaza <sup>2</sup>	Pasto	Arvenses N/I <sup>3</sup>
C140 <sup>4</sup>	33.08	42.81	4.80	6.36	12.97
C133 <sup>5</sup>	3.37	61.29	14.80	11.88	8.66

<sup>1</sup> *Cosmos bipinnatus*, <sup>2</sup> *Raphanus raphanistrum*, <sup>3</sup> No identificadas, C140=Pradera de cebada cosechada a los 140 días, C133= Pradera cosechada a los 133 días.

de materia seca total, al consumo del ensilado se sumó el consumo de concentrado comercial durante los últimos cuatro días de cada periodo experimental.

Se determinó la eficiencia alimenticia bruta (EAB) y la tasa de conversión alimenticia (TCA) siguiendo las fórmulas descritas por Zamani, (2012) y Bach *et al.* (2020), utilizando el Rendimiento de leche en kg y el rendimiento de leche corregido a 3.5% de grasa:  $EAB = RL/CMS$  y  $TCA = CMS/RL$ ; Donde: RL= Rendimiento de leche y CMS=Consumo de materia seca.

### Análisis Económico

Los costos de alimentación y el margen de ganancia fueron calculados utilizando la metodología de presupuestos parciales (Harper *et al.* 2013) utilizando solo los costos de alimentación, y los ingresos por venta de leche.

### Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental utilizado para las variables animal fue un cuadrado latino 3x3 repetido dos veces con una aleatorización de los tratamientos en cada cuadro (Kaps y Lamberson 2004, Gómez-Miranda *et al.* 2022).

Los periodos experimentales tuvieron una duración de 14 d (10 d de adaptación a los tratamientos y 4 d para mediciones), siguiendo a Pérez-Ramírez *et al.* (2012) quien establece y acepta la validez de los periodos experimentales cortos en estrategias de alimentación en vacas lecheras.

El modelo matemático utilizado fue:

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

Donde:  $Y_{ijkl}$ = Variable Respuesta;  $\mu$  = Media de la población;  $C_i$ = Efecto del cuadro  $i = A, B$ ;  $V_{j(C(i))}$ = Efecto del número de vacas dentro del cuadro  $j = 1,2,3,4,5,6$ ;  $P_k$ = Efecto de los periodos experimentales  $k = 1,2,3$ ;  $T_l$ = Efecto del tratamiento  $l = \text{Slg-40, Slg-60, Slg-Mz}$ ;  $e_{ijklm}$ = Error experimental

Para la evaluación de los ensilados se utilizó un modelo de bloques completamente aleatorios para los tres ensilados (Slg-40, Slg-60, Slg-Mz) donde los bloques fueron los periodos en los que se tomó la muestra

$$Y_{ijkl} = \mu + TX_i + B_j + e_{ij}$$

Donde:  $Y_{ijkl}$ = Variable Respuesta;  $\mu$  = Media de la población;  $TX_i$ = Efecto de los ensilados  $i = \text{Slg-40, Slg-60, Slg-Mz}$ ;  $B_j$ = Efecto de los periodos experimentales  $i = 1, 2, 3$ ;  $e_{ij}$ = Error experimental.

En los casos donde se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre medias se utilizó la prueba de Tukey's a un nivel de significancia de  $p \leq 0.05$ .

## RESULTADOS

### Forrajes

Se reportó un rendimiento de las praderas en pastoreo de 4.5 ton MS/ha en promedio, con un aprovechamiento de la cebada como forraje fresco (Gómez-Miranda *et al.* 2022), después de terminado el periodo de pastoreo y tras el mismo tiempo de recuperación se obtuvo el forraje para la elaboración de los ensilados reportando un rendimiento de 6.03 ton MS/ha para la pradera C140 y 6.63 ton MS/ha para la pradera C133, con un forraje residual de 2.4 ton MS/ha y 3.4 ton MS/ha para las praderas C140 y C133 respectivamente, el cual fue aprovechado por los productores para el pastoreo de terneros, vacas secas y pequeños rumiantes.

### Composición química de los forrajes

El Slg-Mz presentó diferencias significativas para los valores de MS y MO en comparación con los ensilados de arvenses ( $p < 0.05$ ), el nivel de pH fue 16% mayor en los ensilados de arvenses comparado con Slg-MZ, el contenido de FDN fue 7% mayor en los ensilados de arvenses comparado con Slg-Mz, similar al contenido de FDA (30%), sin embargo, la digestibilidad del ensilado Slg-40 no mostró diferencias entre el silo Slg-60 y Slg-Mz, no obstante, el Slg-Mz tuvo una mayor digestibilidad, estadísticamente significativo ( $p < 0.05$ ), la energía metabolizable estimada, fue 37.5% menor en Slg-60 respecto a Slg-MZ, no obstante, el ensilado Slg-40 se encontró entre el promedio de los ensilados ( $p < 0.05$ ).

### Variables Animales

En la respuesta productiva (RL, PV, CC) no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los tratamientos; en los componentes de la leche se encontró que el tratamiento Slg-60 fue 11% menor respecto al tratamiento Slg-40, siendo el tratamiento Slg-Mz donde reportó un punto medio en el valor de grasa, los valores de NUL se encontraron por encima de los 11mg/dL para todos los tratamientos sin diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ).

Los diferentes grupos mostraron diferencias entre ellos, sin embargo, lo cual estuvo contemplado al elegir el modelo estadístico a utilizar, para obtener los resultados más precisos, tomando en cuenta esto, el cuadro de bajas productoras, presento menos diferencias entre ellas durante todo el experimento, contrario a lo presentado en el cuadro de las altas productoras.

**Tabla 2. Análisis bromatológico de los ensilados y concentrado comercial.**

	Ensilado			EEM	Valor de P	Concentrado comercial
	Slg-40	Slg-60	Slg-Mz			
<b>Materia Seca (g/kg)</b>	251 <sup>b</sup>	213 <sup>c</sup>	272 <sup>a</sup>	6.43	0.0001	911
<b>Materia Orgánica (g kg/MS)</b>	911 <sup>b</sup>	909 <sup>b</sup>	928 <sup>a</sup>	1.37	0.0001	830
<b>pH</b>	4.48 <sup>a</sup>	4.45 <sup>a</sup>	3.75 <sup>b</sup>	0.089	0.0001	N/A
<b>Proteína Cruda (g kg/MS)</b>	63	61	70	0.66	0.167	185
<b>FDN (g kg/MS)</b>	653 <sup>a</sup>	650 <sup>a</sup>	608 <sup>b</sup>	3.43	0.0001	372
<b>FDA (g kg/MS)</b>	473 <sup>a</sup>	481 <sup>a</sup>	340 <sup>b</sup>	10.77	0.0001	142
<b>DIVMO (g kg/MS)</b>	474 <sup>ab</sup>	376 <sup>b</sup>	538 <sup>a</sup>	11.11	0.0199	788
<b>DMOD (g kg/MS)</b>	432 <sup>ab</sup>	342 <sup>b</sup>	499 <sup>a</sup>	10.75	0.013	652
<b>eEM (MJ/ kg MS)</b>	6.78 <sup>ab</sup>	5.37 <sup>b</sup>	7.84 <sup>a</sup>	0.168	0.0134	10

Slg-40= Ensilado de arvenses 40% de *Cosmos bipinnatus* + 30% de cebada, Slg-60= Ensilado con 60% de *Cosmos bipinnatus*, Slg-Mz= Ensilado de Maíz, FDN= Fibra Detergente Neutro, FDA=Fibra Detergente Ácido, DIVMO=Digestibilidad In Vitro de la Materia Orgánica, DMOD= materia orgánica digestible en materia seca, eEM=Energía Metabolizable estimada (MJ/ kg MS), N/A= No aplica, EEM=Error estándar de la media, Literales diferentes en columnas o filas  $p<0.05$ .

**Tabla 3. Rendimiento y composición de la leche, respuesta productiva (peso vivo, condición corporal), consumo de materia seca, eficiencia alimentaria.**

	Tratamiento			EEM	Valor de P
	Slg-40	Slg-60	Slg-Mz		
<b>Rendimiento de leche (kg)</b>	11.39	11.18	10.57	0.057	0.2871
<b>LCG 3.5% (kg)</b>	12.11	11.10	11.19	0.075	0.1469
<b>Rendimiento de grasa (kg/d)</b>	0.44	0.38	0.41	0.003	0.118
<b>Rendimiento de proteína kg/d</b>	0.33	0.30	0.28	0.002	0.101
<b>Peso Vivo (kg)</b>	477.91	475.91	478.83	0.202	0.794
<b>Condición Corporal (1-5)</b>	2.08	2.12	2.00	0.008	0.6034
<b>CMS ensilado (kg MS/vaca/d)</b>	7.75	8.93	8.02	0.084	0.0808
<b>CMS-CC</b>	4.1	4.1	4.1	-----	-----
<b>Consumo Total de MS</b>	11.89	13.07	12.17	0.084	0.0808
<b>Grasa (g/kg)</b>	41.39 <sup>a</sup>	36.98 <sup>b</sup>	40.51 <sup>ab</sup>	0.317	0.0311
<b>Proteína (g/kg)</b>	28.36	27.10	27.36	0.002	0.1851
<b>Lactosa (g/kg)</b>	41.77	40.65	40.67	0.087	0.3221
<b>pH</b>	6.42	6.44	6.46	0.002	0.2489
<b>NUL (mg/dL)</b>	11.35	11.77	11.12	0.063	0.6172
<b>Eficiencia Alimentaria</b>					
<b>RL/CMS<sup>1</sup></b>	0.93	0.84	0.85	0.006	0.2014
<b>LCG/CMS<sup>1</sup></b>	0.99	0.84	0.91	0.010	0.0609
<b>CMS/RL<sup>2</sup></b>	1.34	1.48	1.44	0.009	0.4680
<b>CMS/LCG<sup>2</sup></b>	1.19	1.40	1.30	0.014	0.1600
<b>CMS-CC/kg /leche</b>	0.48	0.47	0.50	0.002	0.6580

Slg-40= Ensilado de arvenses 40% de *Cosmos bipinnatus* + 30% de cebada, Slg-60= Ensilado con 60% de *Cosmos bipinnatus*, Slg-Mz= Ensilado de Maíz, RL=Rendimiento de leche, LCG. Leche corregida 3.5% grasa, NUL= Nitrógeno Ureico en Leche, CMS=Consumo de Materia Seca, CMS-CC= Consumo de Materia Seca de Concentrado Comercial, <sup>1</sup> proporción de ingesta de alimento sobre producción de leche, <sup>2</sup> Relación entre la leche producida y el alimento consumido, EEM=Error estándar de la media, Literales diferentes en columnas  $p<0.05$ .

**Tabla 4. Costos de alimentación por tratamiento.**

	Tratamientos				Valor de P
	Slg-40	Slg-60	Slg-Mz	EEM	
<b>Costos de Alimentación</b>					
Concentrado comercial (USD\$)	18.48	18.48	18.48	----	---
Ensilado (USD\$)	4.56 <sup>b</sup>	5.43 <sup>b</sup>	18.51 <sup>a</sup>	1.064	0.0001
Costo Total de alimentación (USD\$)	23.04 <sup>b</sup>	23.9 <sup>b</sup>	36.99 <sup>a</sup>	1.064	0.0001
<b>Ingresos</b>					
Rendimiento Total de leche(kg)	169.56	155.48	156.76	1.059	0.145
Costos de Alimentación (USD\$/ kg leche)	0.17 <sup>b</sup>	0.19 <sup>b</sup>	0.29 <sup>a</sup>	0.008	0.0017
Precio a la venta (USD\$/kg leche)	0.31	0.31	0.31	----	-----
Ingresos por venta de leche (USD\$)	52.01	47.69	48.08	0.324	0.146
Margen total sobre costos de alimentación (USD\$)	28.97 <sup>a</sup>	23.79 <sup>a</sup>	11.08 <sup>b</sup>	1.252	0.0001
Margen sobre kg de leche (USD\$/kg)	0.14 <sup>a</sup>	0.12 <sup>a</sup>	0.02 <sup>b</sup>	0.008	0.0014
Margen sobre costos de alimentación (USD\$/vaca/ d)	2.06 <sup>a</sup>	1.69 <sup>a</sup>	0.79 <sup>b</sup>	0.089	0.0001
Ingresos /costos de alimentación	2.23 <sup>a</sup>	1.98 <sup>a</sup>	1.27 <sup>b</sup>	0.067	0.0024

Slg-40= Ensilado de arvenses 40% de *Cosmos bipinnatus* + 30% de cebada, Slg-60= Ensilado con 60% de *Cosmos bipinnatus*, Slg-Mz= Ensilado de Maíz, USD\$= Dólar Americano, EEM=Error estándar de la media, Literales diferentes en columnas  $p < 0.05$ .

El consumo de materia seca de los ensilados y total no reflejaron una diferencia, aunque se nota una tendencia de mayor consumo en el tratamiento Slg-60. La eficiencia alimentaria en el tratamiento Slg-60 no mostró diferencias en RL/CMS, y LGC/CMS.

### Análisis Económico

El ensilado de Maíz presentó 70% mayores costos respecto a los ensilados Slg-40 y Slg-60, provocado un incremento de un 35% en los costos totales de producción; a pesar de que los ingresos por venta de leche no presentaron diferencias estadísticamente significativas el margen total sobre los costos de alimentación de los ensilados Slg-40 y Slg-60 fueron 55% mayores que en el Slg-Mz, obteniendo un margen 0.02 USD\$/kg de leche, teniendo una relación ingresos sobre costos de alimentación de 0.84 en promedio mayor para los tratamientos Slg-40 y Slg-60 respecto a Slg-Mz.

### DISCUSIÓN

Una de las grandes ventajas de la producción ganadera de los rumiantes es la habilidad de poder transformar alimentos fibrosos que no pueden ser utilizados en la alimentación humana como lo son las arvenses (Lemaire *et al.* 2014). Ante el reto que se enfrentan los productores agropecuarios frente a los cambios climáticos que afectan significativamente su producción, siendo por rendimientos de cultivos o por la necesidad de la compra de insumos para el mantenimiento del

ganado, es necesario la búsqueda de alternativas que permitan abastecer de alimento en sistemas de producción en pequeña escala siendo el aprovechamiento de los recursos disponibles en las unidades de producción una alternativa viable. El *Cosmos bipinnatus* al ser una planta que no requiere de cuidados y con rendimientos de 4.5 ton/ha mostrado en este trabajo, puede ser una alternativa para la alimentación del ganado durante la época de sequía. A pesar de que no existen datos de rendimiento de *Cosmos bipinnatus*, son comparables con rendimientos de cereales de grano pequeño, por ejemplo, Zamora *et al.* (2002), reportan un rendimiento de 4830 kg MS/ha en triticale, resultados similares a los presentados en este trabajo. Por otra parte, Murillo *et al.* (2001) y Celis-Alvarez *et al.* (2017) encontraron mayores rendimientos a los encontrados en este trabajo (6370 y 5399 kg MS/ha, respectivamente).

Los reportes sobre arvenses en los cultivos, al ser consideradas plantas invasoras, se basan mayormente en la presencia y no en el rendimiento, sin embargo, las praderas que originalmente tenían un cultivo como lo es la cebada presentaron un porcentaje entre el 60-98% de arvenses (Tabla 1), similar a lo reportado por Chauhan (2020) quien reporta entre 16-100% de presencia de arvenses en cultivos de cereales, superiores al rendimiento de cereales de grano pequeño como cebada 3.8 t MS/ha y avena negra 3.4 t MS/ha, reportado por Gómez-Miranda *et al.* (2020) y similar a lo reportado por Polan *et al.* (1968), en cereales de grano pequeño con rendimientos de 5.5-6.9t MS/ha,

demostrando que una cosecha de arvenses es similar en rendimientos algunos cultivos.

De igual forma que en los rendimientos, los valores nutricionales de las arvenses no han sido establecidos para la ganadería, sin embargo, se ha confirmado que el uso de arvenses puede ser un alimento importante en la producción animal (Lamerst *et al.* 1996), teniendo así la oportunidad de utilizar un recurso disponible, que a su vez limita el uso de prácticas para combatir su presencia en los cultivos (herbicidas), conservando de esta forma la biodiversidad local que se ha perdido durante los últimos años (MacLaren *et al.*, 2020).

El estado de madurez de los forrajes es uno de los factores con mayor influencia en su composición química, relacionándose directamente con las proporciones de fibra menos digestibles, de esta forma el menor contenido de proteína cruda en el tratamiento Slg-60, puede deberse al mayor contenido de carbohidratos estructurales y por lo tanto la proteína cruda disminuye, tal y como se observa en el Tabla 2. También se observa el efecto del estado fisiológico de las plantas tanto en la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica y la energía metabolizable, observando una menor digestibilidad de la materia orgánica y un menor contenido de energía metabolizable en los tratamientos Slg-40 y Slg-60, Lopez-González *et al.* (2015), reportan esta misma tendencia. Según la NRC (2001), menciona que uno de los factores limitantes para la producción animal es el contenido de energía metabolizable, lo cual indica que los ensilados de *cosmos bipinnatus* al ser bajos en energía pueden tener limitantes en la producción animal.

Los rendimientos de leche obtenidos en esta investigación son menores a los reportados por (Vega-García *et al.* 2020), quienes reportaron rendimientos de 15.2 kg/vaca/d, sin embargo, los rendimientos no mostraron diferencias entre tratamientos, lo cual puede relacionarse con el consumo de materia seca Stockdale, (2000) menciona que uno de los factores que más influyen en el rendimiento de leche es el consumo voluntario. Otro factor importante que explica el rendimiento similar de leche, la cantidad de proteína en la dieta de las vacas, el cual no presentó diferencias en el contenido proteico de los ensilados, corroborando con los resultados de NUL, se observan resultados similares en los tres tratamientos. De la misma manera, la respuesta del peso vivo, y condición corporal, no presentan diferencias lo que nos indica que la calidad nutritiva de los ensilados con altos contenidos de arvenses y *Cosmos bipinnatus* son una buena alternativa para utilizarlo en época de estiaje de alimentos para las vacas.

La composición química de la leche se encuentra dentro de los rangos que marcan las normas

mexicanas para leche cruda, sin embargo, se observan valores bajos en proteína (27g/kg) y lactosa en leche (41 g/kg), los cuales han sido relacionados con un bajo consumo de energía metabolizable (Walker *et al.*, 2004, Henao-Velásquez *et al.*, 2014), con valores promedio de 6.6 MJ/kg Ms reportados en este trabajo, explica el bajo contenido de lactosa (Alessio *et al.*, 2016) y proteína.

La eficiencia alimentaria de los tratamientos (leche producida por kg de alimento consumido) es similar a lo reportado por Krpáľková *et al.* (2021) en vacas de baja producción, tal como se muestra la eficiencia en este trabajo en los tres tratamientos, si bien, el indicador productivo de RL es el factor más usado para representar la eficiencia alimentaria, el cambio de peso y condición corporal, también son indicadores importantes por lo que al no tener un cambio significativo en estos indicadores a pesar de tener un bajo rendimiento de leche, si bien la eficiencia se da entre el producción de leche, y el alimento consumido, existen otros factores que determinan si hay eficiencia o no, como lo son los costos de esos insumos y el precio de la leche tal como indica Bach *et al.* (2020) lo cual indica que esta leche ha sido producida eficientemente para estas condiciones productivas.

Las diferencias en los costos de alimentación entre los tratamientos, está relacionado con los costos de producción de cada cultivo, o su adquisición como insumo externo para la alimentación de vacas, estos costos van incrementando por los costos de semilla, fertilizantes, mano de obra, por lo que el costo del ensilado de maíz se incrementa en comparación con el ensilado de *Cosmos bipinnatus*, que no requiere de estas actividades o insumos. Por ejemplo, en el margen sobre kilogramo de leche, se observa una mayor ganancia por parte de los tratamientos de ensilado de *Cosmos bipinnatus*. Gómez-Miranda *et al.* (2020), quien trabajó con cebada y avena negra, tuvo costos de ensilado de USD 0.91 y USD 0.99, en los ensilados de cebada y avena negra, respectivamente.

Finalmente, si bien es conocido que un buen ensilado tiene características superiores a lo reportado en este trabajo, uno de los objetivos fue evaluar la viabilidad de usar estos ensilados en las condiciones cotidianas de las granjas, ya que son ensilados a los que el productor tiene acceso sobre todo durante la época de estiaje, durante el cual el forraje es escaso o muy costoso. Los tratamientos fueron suficientes para mantener una producción similar en estas condiciones.

## CONCLUSIONES

No existió diferencia en la respuesta productiva de las vacas alimentadas con ensilado de maíz comercial y los ensilados que incluían arvenses como es del *Cosmos bipinnatus*, por lo que se

considera que son una alternativa para la alimentación del ganado lechero. Al considerar los costos de alimentación de los insumos externos así como de la elaboración de ensilados, se encontró que representan una alternativa para la producción de leche de sistemas en pequeña escala debido a su margen de utilidad. Finalmente, dado que *Cosmos bipinnatus*, no requiere de cuidados para su establecimiento puede utilizarse cuando se encuentre disponible y exista escases de alimentos.

#### Acknowledgments

In this paper we thank the producer, where the experiment was carried out and from National Council of Science and Technology of Mexico, CONACYT [Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología], through a postgraduate grant for Aida Gómez Miranda.

**Funding.** The work was funded by the Program for Professional Teacher Development (PRODEP), the project registration number is 511-6/18-8981.

**Conflict of interest.** The authors declare that there is no conflict of interest related to this work.

**Compliance with ethical standards.** Original data derived from the authors' work are presented. The work was carried out under the ethical procedures established by the Autonomous University of the State of Mexico. Informed consent to participate was obtained from farmers.

**Data availability.** Data are available with Felipe López González, flopezg@uaemex.mx upon reasonable request.

**Author contribution statement (CRediT).** **A. Gómez-Miranda**, writing original, draft and methodology. **C.M. Arriaga-Jordán**, conceptualization, writing-review and editing, supervision and validation. **Rodolfo Vieyra-Alberto**, writing-review and editing, supervision and validation. **J.M. Castro-Montoya**, writing-review and editing, supervision and validation. **F. López-González**, conceptualization, writing-review and editing, methodology, validation, and data curation.

#### REFERENCES

- Aamir Iqbal, M., Ali, S., El Sabagh, A., Ahmad, Z. and H. Siddiqui, M., 2020. Changing Climate and Advances on Weeds Utilization as Forage: Provisions, Nutritional Quality and Implications In: H. El-Shafie, Ed. Invasive Species - Introduction Pathways, Economic Impact, and Possible Management Options: IntechOpen. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.91386>
- AFRC. 1993. Energy and protein requirements of ruminants. Agricultural and Food Research Council. CAB International, Wallingford, UK.
- Alders, R.G., Campbell, A., Costa, R., Guèye, E.F., Ahasanul Hoque, M., Perezgrovas-Garza, R., Rota, A. and Wingett, K., 2021. Livestock across the world: Diverse animal species with complex roles in human societies and ecosystem services, *Animal Frontiers*, 11, pp. 20–29. <https://doi.org/10.1093/af/vfab047>
- Alessio, D.R.M., Neto, A.T., Velho, J.P., Pereira, I.B., Miquelluti, D.J., Knob, D.A., and Ad Silva, C.G., 2016. Multivariate analysis of lactose content in milk of Holstein and Jersey cows. *Semina-Ciencias Agrarias*, 37, pp. 2641-2652. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n4Supl1p2641>
- Bach, A., Terré, M. and Vidal, M., 2020. Symposium review: Decomposing efficiency of milk production and maximizing profit, *Journal of Dairy Science*, 103, pp. 5709–5725. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17304>
- Bewley, J.M., Boyce, R.E., Roberts, D.J., Coffey, M.P. and Schutz, M.M., 2010. Comparison of two methods of assessing dairy cow body condition score, *Journal of Dairy Research*, 77, pp. 95–98. <https://doi.org/10.1017/S0022029909990446>
- Celis-Álvarez, 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, pp. 1129–1134. <https://doi.org/10.1007/s11250-016-1063-0>
- Celis-Álvarez, M.D., López-González, F., Estrada-Flores, J.G., Dominguez-Vara, I.A., Heredia-Nava, D., Munguia-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, pp. 439-446. <http://www.revista.ccba.uady.mx/urn:ISSN:1870-0462-tsaes.v20i3.2400>
- Chaney, A.L. and Marbach, E.P., 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clinical Chemistry*, 8, pp. 130-

132.  
<https://doi.org/10.1093/clinchem/8.2.130>
- Chauhan, B. S., 2020. Grand Challenges in Weed Management, *Frontiers in Agronomy*, 1 <https://doi.org/10.3389/fagro.2019.00003>
- Conroy, C., 2005. *Participatory livestock research*. ITDG Publishing, Bourton-on-Dunsmore, Warwickshire, UK.
- Dairy Records Management Systems., 2014. DHI Glossary. Retrieved from <http://www.drms.org> PDF/materials/glossary.pdf, consultado 05 de marzo 2021.
- Gliessman, S., 2014. The International Year of Family Farming, *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 38, pp. 503–504 <https://doi.org/10.1080/21683565.2013.879977>
- Gómez-Miranda, A., Estrada-Flores, J.G., Morales-Almaraz, E., López-González, F., Flores-Calvete, G. and Arriaga-Jordán, C.M., 2020. Barley or black oat silages in feeding strategies for small-scale dairy systems in the highlands of Mexico, *Canadian Journal of Animal Science*, 100, pp. 1-7. <https://doi.org/10.1139/cjas-2018-0237>
- Gutiérrez, D., Mendoza, S., Serrano, V., Bah, M., Pelz, R., Balderas, P. and León, F., 2008. Proximate composition, mineral content, and antioxidant properties of 14 Mexican weeds used as fodder Weed, *Biology and Management*, 8, pp. 291–296. <https://doi.org/10.1111/j.1445-6664.2008.00307.x>
- Harper, J.K., Cornelisse, S., Kime, L.F. and Hyde, J., 2013. Budgeting for Agricultural decision making. Pennsylvania State University, College of Agricultural Sciences, University Park, PA, USA. [Online]. Available from <https://extension.psu.edu/budgeting-for-agricultural-decision-making>. Consultado 03 de noviembre 2020.
- Henaó-Velásquez, A.F., Múnera-Bedoya, O.D., Herrera A.C., Agudelo-Trujillo J.H. y Cerón-Muñoz M.F., 2014. Lactose and milk urea nitrogen: fluctuations during lactation in Holstein cows, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 43, pp. 479-484. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982014000900004>
- Hernández-Pineda, G.S., Beltrán, P.E.P., Benaouda, M., García, J.M.P., Nova, F.A., Molina, L. y Ortega, O.A.C., 2018. *Pithecellobium dulce*, *Tagetes erecta* and *Cosmos bipinnatus* on reducing enteric methane emission by dairy cows, *Ciencia Rural*, 48, 10 <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20170484>.
- Kaiser, A. G., Piltz, J. W., Burns, H. M., & Griffiths, N. W., 2004. *Successful Silage* Editors (Vol. 1). Disponible en: [www.agric.nsw.gov.au](http://www.agric.nsw.gov.au)
- Kaps, M., y Lamberson, W., 2004. Change-over designs. p. 294-312. In: Kaps, M., and Lamberson, W., eds. *Biostatistics for animal science*. Cromwell Press, Trowbridge, UK.
- Krpálková, L., O'Mahony, N., Carvalho, A., Campbell, S., Corkery, G., Broderick, E., Riordan, D., Walsh, J., 2021. Association of Feed Efficiency, Feeding Rate, and Behaviour with the Milk Performance of Dairy Cows. *Dairy* 2, pp. 684–694. <https://doi.org/10.3390/dairy2040053>.
- Lamersf, J., Buerkert, A., Makkar, H. P. S., von Oppenf, M. and Becker, K., 1996. Biomass production, and feed and economic value of fodder weeds as by-products of millet cropping in a sahelian farming system, *Experimental Agriculture*, 32, pp. 317-326. <https://doi.org/10.1017/S0014479700026259>
- Lemaire, G., Franzluebbers, A., Carvalho, P. C. de F. and Dedieu, B., 2014. Integrated crop-livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 190, pp. 4–8. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.08.009>
- López-González, F, Sánchez-Valdés, J.J, Castelán-Ortega, O.A, Albarrán-Portillo, B. and Estrada-Flores J.G., 2015. Determination of agronomic and nutritional characteristics of three grass species in the southern region of state of México, *Indian Journal of Animal Sciences*, 85, pp. 271–74. <https://epubs.icar.org.in/index.php/IJAnS/article/view/47318>
- MacLaren, C., Storkey, J., Menegat, A., Metcalfe, H. and Dehnen-Schmutz, K., 2020. An ecological future for weed science to sustain crop production and the environment. A review, *Agronomy for Sustainable Development*, 40, #4.

- <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00631-6>
- Murillo, A.B., Escobar, H.A., Fraga, M.H., y Pargas, L.R., 2001. Rendimiento de grano y forraje de líneas de triticale y centeno en Baja California Sur, México, *Revista de Fitotecnia Mexicana*, 24, pp. 145-153. <https://doi.org/10.35196/rfm.2001.2.145>
- NRC, 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle Seventh (National Research Council) National Academy Press, Washington.
- Pérez-Ramírez, E., Peyraud, J.L. and 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, pp. 232-244 <https://doi.org/10.1017/S1751731111001480>
- Polan, C.E., Starling, T.M., Huber, J.T., Miller, C.N. and Sandy, R.A., 1968. Yields, compositions, and nutritive evaluation of barley silages at three stages of maturity for lactating cows, *Journal of Dairy Science*, 51, pp. 1801-1805. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(68\)87281-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(68)87281-9)
- 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, pp. 1537-1544 <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1360-2>
- Sanderson, M.A., Soder, K.J., Muller, L.D., Klement, K.D., Skinner, R.H. and Goslee, S.C., 2005. Forage mixture productivity and botanical composition in pastures grazed by dairy cattle, *Agronomy Journal*, 97, pp. 1465-1471 <https://doi.org/10.2134/agronj2005.0032>
- Stockdale, C.R., 2000. Differences in body condition and body size affect the responses of grazing dairy cows to highenergy supplements in early lactation, *Australian Journal of Agricultural*, 40, 903-911. <https://doi.org/10.1071/EA99174>
- Van der Colf, J., Botha, P.R., Meeske, R. and Truter, W.F., 2015. Seasonal dry matter production, botanical composition and forage quality of kikuyu over-sown with annual or perennial ryegrass, *African Journal of Range and Forage Science*, 32, pp. 133-142 <https://doi.org/10.2989/10220119.2015.1018945>
- Vega-García, J.I., López-González, F., Estrada-Flores, J.G., Flores-Calvete, G., Prospero-Bernal, F. and Arriaga-Jordán, C.M., 2020. Black oat (*Avena strigosa* Schreb.) grazing or silage for small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico. Part I. Crop and dairy cow performance, *Chilean Journal of Agricultural Research*, 80, pp. 515-525. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392020000400515>
- Walker, G.P., Dunshea, F.R. y Doyle P.T., 2014. Effects of nutrition and management on the production and composition of milk fat and protein: a review, *Australian Journal of Agricultural Research*, 55, 1009-1028. <https://doi.org/10.1071/AR03173>
- Zamani, P., 2012. Efficiency of Lactation. In (Ed.), *Milk Production - An Up-to-Date Overview of Animal Nutrition, Management and Health*, IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/50772>
- Zamora, V.V.M., Lozano del Rio, A.J., López, B.A., Reyes, V.M.H., Díaz, S.H., Martínez, R.J.M. and Fuentes, R.J.M., 2002. Clasificación de triticales forrajeros por rendimiento de materia seca y calidad nutritiva en dos localidades de Coahuila. *Técnica Pecuaria en México*, 40 pp. 229-242. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61340302>