



Efecto de aditivos en la composición química de ensilados de haba (*Vicia faba*)

Aurora Sainz-Ramírez¹  , Julieta G. Estrada-Flores  , José Velarde-Guillén  ,
Felipe López-González  , Carlos Manuel Arriaga-Jordán  

Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México,
Toluca, México.

Effect of additives in the chemical composition of broad bean silages (*Vicia faba*)

Abstract. Legumes have low ensilability due to their high buffering capacity and low content of soluble carbohydrates. However, the broad bean (*Vicia faba*) can be an alternative forage for ruminant feeding, having the advantage of its low buffer capacity, high protein content and high digestibility. The inclusion of additives to silage is intended to improve the quality of fermentation, provide aerobic stability, and increase the nutritional value of silage. The objective was to evaluate the effect of different additives on the quality of broad bean forage silage. Broad bean forage was harvested 116 days after sowing, and the following treatments were evaluated in laboratory silos: 1) Inoculum of homofermentative lactic bacteria *Enterococcus faecium*, *Pediococcus pentosaceus* and *Lactobacillus plantarum* (INOC), 2) Formic acid at 85 % concentration (FORM), 3) Cane molasses applied at 4% fresh weight (MEL), as well as 4) Control treatment without additives (CON). A completely randomized experimental design with five laboratory silos per treatment was used. Chemical analyses were performed for dry matter, organic matter, crude protein, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, ethereal extract, pH, starch content, in vitro digestibility of dry matter, estimated metabolizable energy content, and proportion of effluents produced. The inclusion of additives did not modify the chemical composition of the broad bean silage ($P>0.05$). Given the low initial dry matter content in the broad bean forage, the effluent represented more than 18% of the ensiled forage. Broad bean silage has a good crude protein content and an average value of metabolizable energy. However, the large proportion of effluents can be an environmental problem. The evaluated additives did not improve the chemical composition of broad bean silages, nor the loss of dry matter, or the production of effluents.

Keywords: Forage legumes; whole broad bean plant silage; lactic acid bacteria; formic acid; molasses

Resumen. Las leguminosas presentan una baja ensilabilidad por su alta capacidad amortiguadora y bajo contenido de carbohidratos solubles. Sin embargo, el haba (*Vicia faba*) puede ser un forraje alternativo para la alimentación de rumiantes, teniendo como ventaja su baja capacidad amortiguadora, alto contenido de proteína y alta digestibilidad. La inclusión de aditivos al ensilado tiene el propósito de mejorar la calidad de la fermentación, proveer estabilidad aeróbica, y acrecentar el valor nutritivo de los ensilados. El objetivo fue evaluar el efecto de diferentes aditivos en la calidad de ensilados de forraje de haba. Se cosechó forraje de haba a los 116 días después de la siembra, y se evaluaron los siguientes tratamientos en silos de laboratorio: 1) Inóculo de bacterias lácticas homofermentativas *Enterococcus faecium*, *Pediococcus pentosaceus* y *Lactobacillus plantarum* (INOC), 2) Ácido fórmico al 85% de concentración (FORM), 3) Melaza de caña aplicada al 4% de peso fresco (MEL), así como 4) Tratamiento control sin aditivo (CON). Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorio con cinco silos de laboratorio por tratamiento. Se realizaron análisis químico para materia seca, materia orgánica, proteína cruda, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, extracto etéreo, pH, contenido de almidón, digestibilidad *in vitro* de la materia seca, contenido de energía metabolizable estimado, y proporción de efluentes producidos. La inclusión de aditivos no modificó la composición química de los ensilados de haba ($P>0.05$). Dado el bajo contenido inicial de materia seca en el forraje de haba, el efluente representó

¹ Autor de correspondencia: sainz_ss@hotmail.com

más del 18% del forraje ensilado. El ensilado de haba tiene un buen contenido de proteína cruda y un valor medio de energía metabolizable. Sin embargo, la gran proporción de efluentes puede ser un problema ambiental. Los aditivos evaluados no mejoraron la composición química de ensilados de haba, ni la pérdida de materia seca, o la producción de efluentes.

Palabras clave: Leguminosas forrajeras; ensilaje de planta entera de haba; bacterias ácido lácticas; ácido fórmico; melaza.

Efeito dos aditivos na composição química da silagem de feijão (*Vicia faba*)

Resumo. As leguminosas têm baixa ensilabilidade devido à sua alta capacidade tamponante e baixo teor de carboidratos solúveis. Entretanto, a fava (*Vicia faba*) pode ser uma alternativa forrageira para alimentação de ruminantes, tendo como vantagem sua baixa capacidade tamponante, alto teor de proteína e alta digestibilidade. A inclusão de aditivos na silagem visa melhorar a qualidade da fermentação, proporcionar estabilidade aeróbia e aumentar o valor nutricional da silagem. Objetivou-se avaliar o efeito de diferentes aditivos na qualidade de silagens forrageiras de fava. A forragem de fava foi colhida 116 dias após a semeadura, e os seguintes tratamentos foram avaliados em silos de laboratório: 1) Inóculo de bactérias lácticas homofermentativas *Enterococcus faecium*, *Pediococcus pentosaceus* e *Lactobacillus plantarum* (INOC), 2) Ácido fórmico na concentração de 85% (FORM), 3) Melaço de cana aplicado a 4% de massa fresca (MEL), bem como 4) Tratamento testemunha sem aditivos (CON). Foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco silos de laboratório por tratamento. Foram realizadas análises químicas para matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, extrato etéreo, pH, teor de amido, digestibilidade *in vitro* da matéria seca, teor estimado de energia metabolizável e proporção de efluentes produzidos. A inclusão de aditivos não modificou a composição química da silagem de fava ($P>0,05$). Dado o baixo teor inicial de matéria seca da forragem de fava, o efluente representou mais de 18% da forragem ensilada. A silagem de fava apresenta bom teor de proteína bruta e valor médio de energia metabolizável. No entanto, a grande proporção de efluentes pode ser um problema ambiental. Os aditivos avaliados não melhoraram a composição química das silagens de fava, nem a perda de matéria seca, nem a produção de efluentes.

Palavras-chave: Leguminosas forrageiras; Silagem de fava inteira; bactérias do ácido láctico; ácido fórmico; melaço.

Introducción

Los problemas de sequía que ha enfrentado al centro de México en los últimos años en México (CONAGUA, 2021) y otras partes del mundo, ha obligado al sector ganadero a buscar alternativas forrajeras, adaptadas a las condiciones climáticas actuales para alimentar al ganado (Eisler *et al.*, 2014).

Generalmente, las leguminosas anuales se caracterizan por ser cultivos con un ciclo de crecimiento corto, resistentes al déficit hídrico, con buena adaptación a diferentes climas, que además poseen un alto contenido de proteína cruda, por lo que su inclusión en la alimentación animal ha tomado importancia en los últimos años (Franke *et al.*, 2018; Belete *et al.*, 2019; Niderkorn *et al.*, 2019; Holguín *et al.*, 2020).

La inclusión de leguminosas en la alimentación de rumiantes es común en sistemas de pastoreo de praderas de gramíneas asociadas con leguminosas. No obstante, el ensilado de leguminosas puede ser una alternativa forrajera por su alto contenido en proteína (Dewhurst, 2013; Castro-Montoya y Dickhoefer, 2020). La ensilabi-

lidad de las leguminosas es baja debido a su alta capacidad amortiguadora, el bajo contenido de carbohidratos solubles y bajo contenido de materia seca (Martin *et al.*, 2017; Cherif *et al.*, 2018), a pesar de esto, distintos autores (Mogodiniyai Kasmaei *et al.*, 2013; Santos y Kung 2016; Kung *et al.* 2018) han demostrado la posibilidad de obtener ensilados de calidad con el uso de aditivos.

El uso de aditivos durante el proceso de ensilaje es común y tiene el propósito de mejorar la calidad de la fermentación, proporcionar estabilidad aeróbica y mejorar los valores nutritivos de los ensilados, para contribuir a aumentar la eficiencia de utilización del ensilado (Kung *et al.*, 2018; Dong *et al.*, 2020). Los aditivos suelen ser conservadores, inoculantes, enzimas o sustratos (Rinne *et al.*, 2020). Los aditivos contribuyen a mejorar la fermentación y estabilidad, su efecto depende del tipo de aditivo empleado, en este estudio se evaluaron tres aditivos de distintas características. El ácido fórmico tiene acción antibacteriana, ayuda a reducir el pH, mejora la fermentación del ensilado, incrementa la digestibilidad del forraje y aumenta la producción de efluentes y se utiliza

con frecuencia como referencia para evaluar otros aditivos (Ferraretto *et al.*, 2015); mientras que el objetivo de los inoculantes microbianos es mejorar la calidad de la fermentación, favorecer la relación ácido láctico / ácido acético, reducir el pH y las concentraciones de nitrógeno amoniacal, disminuir las pérdidas de materia seca y disminuir la proteólisis durante el ensilaje (Junges *et al.* 2017; Rinne *et al.*, 2020); la melaza actúa como estimulante de la fermentación y aporta nutrientes al ensilado en la forma de azúcares solubles, reduce la producción de amoníaco en el forraje y puede disminuir el contenido final de proteína en el ensilado (Huisden *et al.* 2009).

El haba (*Vicia faba* L.) es una leguminosa anual originaria del Mediterráneo con distribución mundial, que se caracteriza por ser capaz de crecer en diferentes zonas climáticas (Nieto-Sierra *et al.*, 2020), desarrollar un follaje abundante, tener un alto contenido proteico, alta

digestibilidad, ser rica en carbohidratos solubles (Gallo *et al.*, 2018; Johnston *et al.*, 2019).

En México el cultivo de haba se encuentra ampliamente distribuido en los estados de Tlaxcala, Hidalgo, Puebla, Michoacán, Guanajuato y México, en los cuales el 90 % de la superficie se siembra en condiciones de temporal (SIAP, 2021); el cultivo de haba a nivel mundial suele estar destinado a la producción de semilla para el consumo humano (FAO, 2016), sin embargo, distintos trabajos en España (Baizán *et al.*, 2018; Jiménez-Calderón *et al.*, 2020), Canadá (Cherif *et al.*, 2018), Colombia (Nieto-Sierra *et al.*, 2020) y Reino Unido (Johnston *et al.*, 2019) han propuesto el uso de haba ensilada para la alimentación del ganado como alternativa forrajera.

El presente trabajo tuvo por objetivo evaluar el efecto de tres aditivos diferentes sobre la composición química, el nivel de pérdidas de materia seca y la producción de efluente de ensilados de haba.

Materiales y Métodos

Cumplimiento de normas éticas

Se presentan datos originales derivados del trabajo de los autores, que no han sido sometidos al mismo tiempo en revistas diferentes. El trabajo no involucró experimentación con animales, y el trabajo con el productor participante se llevó a cabo de acuerdo con procedimientos aceptados por la Universidad Autónoma del Estado de México.

Localización

El estudio tuvo lugar en la época de lluvias en la unidad de producción de leche en pequeña escala de un productor cooperante de comunidad de Gunyo en el municipio de Aculco (20° 06' 20" 17' Norte 99° 40' 100° 00' Oeste), con un clima templado subhúmedo, lluvias en verano, y una altitud media de 2366 m.

Siembra y cosecha del forraje

Se cultivaron 0.75 h de haba (variedad San Pedro Tlaltizapan) a una dosis de siembra de 100 kg/h. La siembra se realizó el 10 de julio de 2019 y se cosechó el 4 de noviembre de 2019 (116 días de cultivo).

La temperatura promedio durante el período de estudio fue de 22.7 ° C, mientras que la precipitación acumulada fue de 414 mm y la evapotranspiración, calculada fue de 254.7 mm.

La cosecha se realizó manualmente cortando las plantas a una altura de 12 cm de la base; el forraje se dejó pre secar por 72 horas para posteriormente ser picado en una picadora portátil a un tamaño de partícula de 2-3 cm, homogeneizado.

Elaboración de microsilos

Se elaboraron cinco silos de laboratorio (microsilos) por tratamiento, en bolsas de polietileno (40×10cm), dentro de un tubo de PVC de 2.2 L de capacidad, siguiendo la metodología descrita por Sainz-Ramírez *et al.* (2020). Se elaboraron en total 20 silos de laboratorio. Se registró el peso neto del forraje ensilado al momento de su elaboración e inmediatamente después de su apertura a los 78 días.

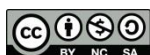
Tratamientos

Del material cosechado para este experimento, se realizaron cuatro alícuotas de aproximadamente 15 kg (peso fresco) cada una. De manera manual se aplicaron los aditivos:

- i. Inoculante (INOC) a base de bacterias lácticas homofermentativas *Pediococcus pentosaceus* y *Lactobacillus plantarum* (Biosile) a dosis recomendada por el fabricante (1 × 10⁵ ufc /g de forraje)
- ii. Solución de ácido fórmico al 85% (FORM) a dosis de 3 ml/kg de forraje
- iii. Melaza de caña al 4% del peso en fresco (p/p (MEL) disuelta en agua (75% melaza:25% agua) para facilitar su aplicación.
- iv. Testigo sin aditivo (CON).

Análisis químico

Las muestras fueron secadas en una estufa de aire forzado a 55°C hasta peso constante, para a continuación ser molidas en un molino Pulvex y tamizadas en una malla de 1 mm (Elshereef *et al.*, 2020).



Las muestras se analizaron para: cenizas (CN) por incineración a 550°C (AOAC 1990), proteína cruda (PC) por el método de Kjeldahl ($N \times 6.25$), fibra detergente neutro (FDN) con adición de alfa-amilasa y fibra detergente ácido (FDA) utilizando el analizador de fibras Ankom Technology (2005a) siguiendo la metodología descrita por Van Soest *et al.* (1991), extracto etéreo (EE) (AOAC, 1990), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) con líquido ruminal utilizando un incubador Ankom Daisy II (Ankom Technology, 2005b) según la metodología modificada de Tilley y Terry (1963), el pH se determinó con un electrodo de pH y el contenido de almidón (ALM) se determinó con un kit comercial (código de producto K-TSTA-100A, Megazyme, Madison, WI, EE. UU.) que sigue el método AOAC 996.11.

Se estimó la energía metabolizable (EM) de acuerdo con la ecuación (1) descrita por Auldist *et al.*, (2013):

$$EM = (((0.172) (\%MSD) - 1.707) \quad (1)$$

Las pérdidas de materia seca y efluentes se calcularon según Jobim *et al.* (2007).

Análisis estadístico

Las variables de composición química, producción de efluentes y pérdida de materia seca se analizaron bajo un diseño completamente al azar con el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu_i + t_j e_{ij} \quad (2)$$

Donde: μ = media general, t = efecto de los tratamientos ($i = 1, 2, 3, 4$) y e = variación residual.

Los datos que presentaron diferencias significativas fueron analizados con una prueba de Tukey.

Resultados y Discusión

Los resultados de la composición química del forraje de haba antes de ser ensilado (Tabla 1) en cuanto a CP, FND y FAD son inferiores a los reportados por Baizán *et al.* (2015), a pesar de que ambos forrajes se encontraban en fase de desarrollo R7 según Agung and McDonald G (1998). Estas diferencias pudieron deberse a diferencias en la variedad, época de cultivo, ubicación del cultivo y características del suelo (Franke *et al.*, 2018).

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) en ninguno de los componentes de la composición química de los ensilados de haba con los diferentes aditivos, ni en la proporción de pérdidas de materia seca ni en la proporción de efluentes (Tabla 2).

Tabla 1. Composición química del forraje fresco de haba antes de ensilar

MS (g/kg MS)	125.50
MO (g/kg MS)	907.12
PC (g/kg MS)	147.51
FDN (g/kg MS)	505.00
FDA (g/kg MS)	383.65
EE (g/kg MS)	172.26
DIVMS (g/kg MS)	721.16
EM (MJ eME/kg MS)	10.71
ALM (g/kg MS)	3.21

MS: Materia Seca; MO: Materia orgánica; PC: Proteína cruda; FDN: Fibra detergente neutro; FDA: Fibra detergente ácido; EE= Extracto etéreo; DIVMS: Digestibilidad *in vitro* de la materia seca; EM= Energía metabolizable estimada (MJ EM/kg MS); ALM= Almidón

Tabla 2. Efecto del uso de aditivos sobre la producción de efluentes, pérdidas totales y composición química del ensilado de haba.

	Tratamientos					
	INOC	FORM	MEL	CON	EEM	P
MS (g/kg MS)	176.68	172.46	178.85	173.27	2.25	0.179
MO (g/kg MS)	897.68	897.09	893.95	901.36	3.00	0.081
PC (g/kg MS)	166.26	166.05	163.88	165.69	1.01	0.722
FDN (g/kg MS)	537.16	517.98	524.59	525.15	0.84	0.256
FDA (g/kg MS)	429.01	430.88	431.90	432.17	1.74	0.990
EE (g/kg MS)	196.23	196.24	193.46	194.35	0.99	0.239
DIVMS (g/kg MS)	682.50	696.32	697.06	701.02	0.68	0.242
EM (MJ EM/kg MS)	10.11	10.32	10.33	10.40	0.39	0.244
ALM (g/kg MS)	41.32	42.05	39.95	41.03	4.05	0.230
pH	3.75	3.85	3.65	3.58	0.61	0.608
Pérdidas de materia seca (% MS)	9.68	13.71	10.06	7.98	7.49	0.526
Efluentes (% materia fresca inicial)	18.36	21.66	18.09	17.26	4.45	0.216

INOC: Inoculante microbiano; FORM: Ácido fórmico; MEL: Melaza; CON: Control. MS: Materia Seca; MO: Materia orgánica; PC: Proteína cruda; FDN: Fibra detergente neutro; FDA: Fibra detergente ácido; EE= Extracto etéreo; DIVMS: Digestibilidad *in vitro* de la materia seca; EM= Energía metabolizable estimada (MJ EM/kg MS); ALM= Almidón



Holguín *et al.* (2020) encontraron diferencias estadísticas en la composición química y fermentación en ensilado de praderas con diferentes inóculos, mientras que Sainz-Ramírez *et al.* (2020) reportaron diferencias estadísticas en la composición química, producción de efluentes y calidad fermentativa de ensilado de girasol al usar distintos aditivos (melaza, ácido fórmico e inoculante microbiano); y Dong *et al.* (2020) encontraron diferencias en composición química, calidad fermentativa y composición microbiológica en ensilados de alfalfa con avena al adicionar ácidos, inoculantes microbianos o enzimas.

Los ensilados de leguminosas en general suelen ser bajos en fibras y altos en proteína. Comparados con el ensilado de alfalfa evaluado por Zhihao *et al.* (2020), los ensilados de haba del presente trabajo presentan un menor contenido de MS y PC y un mayor contenido de fibras; mientras que los ensilados de trébol rojo y alfalfa evaluados por Przemyslaw *et al.* (2015) muestran valores muy similares de PC y fibras que los obtenidos en este trabajo, de igual forma los valores de PC en trébol rojo, trébol blanco y alfalfa reportados por Dewhurst *et al.* (2013).

El contenido de MS final en los ensilados de haba se incrementó 50 g/kg MS respecto al valor inicial del forraje antes del ensilado. Los resultados de MS de los ensilados de haba no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($P>0.05$), y se encontraron por debajo de los valores reportados en España (Baizán *et al.*, 2018) e Italia (Borreani *et al.*, 2009) en ensilado de haba. En ambos casos el contenido de MS fue superior a los 200 g/kg MS; no obstante que el periodo de pre-secado en el presente trabajo fue mayor al realizado en los trabajos antes mencionados, que fue de 24 a 48 horas. Estas diferencias pueden ser resultado de las condiciones climáticas propias de los valles altos de México que no permitieron un correcto pre-secado de las plantas cosechadas (Rojas-Tiempo *et al.*, 2012).

Los valores de fibras de este trabajo son hasta un 15% mayores a los reportados por Borreani *et al.* (2009), Baizán *et al.* (2018) y Nieto-Sierra *et al.* (2020), pero un 11% menores a los reportados por Jiménez-Calderón *et al.* (2020). Estas variaciones pueden estar influenciadas tanto por la fecha de corte y la variedad empleada, como por condiciones climáticas y época de siembra, factores que pueden favorecer el desarrollo de la pared celular (Rinne *et al.* 2020). Desafortunadamente no todos los trabajos antes mencionados proporcionan esta información.

Los valores de PC ($P>0.05$) se encuentran por debajo de lo reportado por diferentes autores (Vilariño *et al.*, 2009; Nalle *et al.*, 2010; Zdunczyk *et al.*, 2018) quienes reportan valores entre 200 y 300 g/kg MS, en todos los trabajos se emplearon variedades forrajeras. Además de la variedad empleada y la madurez de la planta a la cosecha, el contenido de PC puede verse afectado por las condiciones climatológicas propias de las distintas regiones de donde se desarrollaron los trabajos (Alkhtib *et al.*, 2016). En general, las variedades forrajeras de habas se caracterizan por poseer semillas pequeñas (McVicar *et al.*, 2013), en contraste con la variedad Tlaltizapan utilizada que, como la mayoría de las variedades de haba disponibles en México, es de semilla grande.

El estado de madurez fisiológica de las leguminosas tiende a incrementar la concentración de fibra y la concentración de compuestos antinutritivos, como taninos, y como consecuencia disminuir la digestibilidad del forraje (Castro-Montoya and Dickhoefer, 2020). Por otra parte, Dong *et al.* (2020) mencionan que la adición de ácidos orgánicos o minerales al ensilado puede afectar la digestibilidad *in vitro*. Sin embargo, en este experimento el valor numérico más bajo para la DIVMS se obtuvo en el tratamiento INOC y no en el tratamiento FORM, sin encontrar diferencias significativas entre los tratamientos ($P>0.05$). Los valores reportados en este trabajo son similares a los que reportaron Nieto-Sierra *et al.* (2020) en Colombia.

Como se mencionó, el tratamiento con inoculante microbiano presentó los valores numéricos más bajos de digestibilidad. Distintos autores coinciden en que los efectos de inoculantes microbianos en forrajes con altos contenidos de humedad son variados, por ejemplo, Ferraretto *et al.* (2015) no encontraron efectos positivos al adicionar inoculantes en ensilado de maíz con alta humedad, pero sí con enzimas exógenas. Por su parte Rinne *et al.* (2020) reportaron variaciones importantes en la composición de ensilado de grano de haba en diferentes fases de desarrollo al incluir inoculantes microbianos, teniendo mejores resultados al emplear ácido fórmico, mientras que Sainz-Ramírez *et al.* (2020) reportaron valores similares de composición química y calidad fermentativa entre el tratamiento control y el tratamiento con inoculante microbiano en ensilado de girasol.

Los contenidos de almidón en los ensilados de haba reportados en este trabajo se encuentran por debajo de los valores reportados en semillas de haba (Cherif *et al.*, 2018;

Johnston *et al.*, 2019), al no encontraron reportes de almidón en ensilado de haba, pudiera ser este el primer reporte al respecto.

Los niveles de pérdidas de MS al incluir aditivos varían en relación con el contenido de materia seca y tipo de forraje ensilado (Queiroz *et al.*, 2013). La inclusión de aditivos puede ocasionar cambios en la estructura de la pared celular vegetal y modificar su capacidad de retención de agua, tal como se observó en el presente trabajo. El ensilaje de forrajes con menos de 20% de MS suele presentar pérdidas entre un 10-30% de materia seca, estas pérdidas suelen incluir fracciones muy digestibles; si las pérdidas son elevadas el valor nutricional del forraje final disminuye.

Conclusiones

Los ensilados de haba presentaron un contenido energético medio y un moderado contenido de proteína, por lo que pueden utilizarse en la alimentación de rumiantes. Sin embargo, presentaron una elevada producción de efluentes y pérdida de materia seca. La inclusión de los distintos aditivos no modificó la compo-

Forrajes ensilados con alto contenido de humedad pueden perder de un 8% a un 25% de efluentes (Kasmaei, 2013), los valores encontrados en este trabajo se encuentran dentro de este rango.

La inclusión de los diferentes aditivos no tuvo un efecto significativo en la producción de efluentes ($P>0.05$); sin embargo, numéricamente el tratamiento FORM produjo un 25% más de efluentes que el tratamiento sin aditivos (CON). Estos resultados se encuentran en línea con lo reportado por otros autores que emplearon ácido fórmico como aditivo en diferentes tipos de ensilados (Queiroz *et al.*, 2013; Ferraretto *et al.*, 2015; Junges *et al.*, 2017).

sición química de los ensilados de haba. Como resultado del escaso margen de ventaja en términos de calidad de ensilado con el uso de aditivos, es necesario realizar análisis de costo-beneficio al respecto en futuras evaluaciones *in vivo*.

Agradecimientos

Los autores agradecen al productor cooperante por su participación entusiasta en este trabajo, en la siembra y cuidado del cultivo de haba. Su privacidad y la de su familia se respetan al no divulgar sus nombres.

Igualmente, se agradece al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECYT) por el apoyo económico para Aurora Sainz-Ramírez a través del Programa Investigadoras e Investigadores COMECYTEDOMEX.

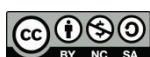
Conflicto de intereses. Los autores declaramos y estamos de acuerdo con la información presentada en el manuscrito, y aceptamos el orden en que cada autor va en el documento y no existe conflicto de interés que declarar por parte de los autores.

Literatura Citada

- Agung, S., and G.K. McDonald. 1998. Effects of seed size and maturity on the growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). Australian Journal of Agricultural Research, 49: 79-88. [10.1071/A97030](https://doi.org/10.1071/A97030)
- Alkhtib, A. S., J. A. Wamatu, T. Wegi, and B.A. Rischkowsky. 2016. Variation in the straw traits of morphological fractions of faba bean (*Vicia faba* L.) and implications for selecting for food-feed varieties. Animal Feed Science and Technology, 222: 122-131. [10.1016/j.anifeeds.2016.10.006](https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2016.10.006)
- Ankom Technologies. 2005a. Procedures (for NDF, ADF, and *in vitro* digestibility). Ankom Technology method. <http://www.ankom.com>. Accessed 20 March 2022.
- Ankom Technologies. 2005b. Procedures (In vitro true digestibility using the DAISY II Incubator). Ankom Technology Method. <http://www.ankom.com>. Accessed 20 March 2022.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemistry. 1990. Official methods of analysis. 15th ed. AOAC International, Arlington, VA.
- Auldust, M. J., L.C. Marett, J.S. Greenwood, M. Hannah, J.L. Jacobs, and W.J. Wales. 2013. Effects of different strategies for feeding supplements on milk production responses in cows grazing a restricted pasture allowance. Journal of Dairy Science, 96(2): 1218-1231. [10.3168/jds.2012-6079](https://doi.org/10.3168/jds.2012-6079)
- Baizán, S., F. Vicente, N. Barhoumi, I. Feito, L. Rodríguez, and A. Martínez-Fernández. 2018. Efecto de la inclusión de ensilado de haba forrajera en la dieta de vacuno lechero sobre la ingestión voluntaria y la producción y composición de la leche. AIDA, 114: 353-367.
- Baizán, S., F. Vicente, M.A. González, C. González-García, B. de la Roza-Delgado, A. Soldado-Cabezuelo, and A. Martínez-Fernández. 2015. Alternativas forrajeras sostenibles como cultivo invernal en zonas templadas. Pastos, 45: 23-32.



- Belete, S., M. Bezabih, B. Abdulkadir, A. Tolera, K. Mekonnen, and E. Wolde-meskel. 2019. Inoculation and phosphorus fertilizer improve food-feed traits of grain legumes in mixed crop-livestock systems of Ethiopia, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 279: 58-64. [10.1016/j.agee.2019.04.014](https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.04.014)
- Borreani, G., A. Revello, S. Colombini, R. Odoardi, and M. Paoletti, and E. Tabacco. 2009. Fermentative profiles of field pea (*Pisum sativum*), faba bean (*Vicia faba*) and white lupin (*Lupinus albus*) silages as affected by wilting and inoculation. *Animal Feed Science and Technology*, 151: 316-323. [10.1016/j.anifeedsci.2009.01.020](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.01.020)
- Castro-Montoya, J.M. and U. Dickhoefer. 2020. The nutritional value of tropical legume forages fed to ruminants as affected by their growth habit and fed form: A systematic review. *Animal Feed Science and Technology*, 269: 114641. [10.1016/j.anifeedsci.2020.114641](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114641)
- Cherif, C., F. Hassanat, S. Claveau, J. Girard, R. Gervais, and C. Benchaar. 2018. Faba bean (*Vicia faba*) inclusion in dairy cow diets: Effect on nutrient digestion, rumen fermentation, nitrogen utilization, methane production, and milk performance. *Journal of Dairy Science*, 101: 8916-8928. [10.3168/jds.2018-14890](https://doi.org/10.3168/jds.2018-14890)
- CONAGUA, Comisión Nacional del Agua. 2021. Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego Año Agrícola. <https://www.gob.mx/conagua/documentos/estadisticas-agricolas-de-los-distritos-de-riego>. Accessed 15 Jan 2022.
- Dewhurst, R. 2013. Milk production from silage: comparison of grass, legume and maize silages and their mixtures. *Agricultural and Food Science*, 22: 57-69. [10.23986/afsci.6673](https://doi.org/10.23986/afsci.6673)
- Dong, Z., J. Zhao, S. Chen, Y. Bao, X. Tao, S. Wang, L. Junfeng, L. Quinhua, and T. Shao. 2020. Effects of different additives on fermentation quality and aerobic stability of a total mixed ration prepared with local feed resources on Tibetan plateau. *Animal Science Journal*, 91(1): 2-11. [10.1111/asj.13482](https://doi.org/10.1111/asj.13482)
- Eisler, M.C., M.R.F. Lee, J.F. Tarlton, G.B. Martin, J. Beddington, J.A.J. Dungait, H. Greathead, J. Liu, S. Mathew, H. Miller, T. Misselbrook, P. Murray, V.K. Vinod, R. Van Saun, and M. Winter. 2014. Agriculture: steps to sustainable livestock. *Nature*, 507: 32-34. [10.1038/507032a](https://doi.org/10.1038/507032a)
- Elshereef, A. A. Arroyave-Jaramillo, J. Zavala-Escalante, L. M. Piñeiro-Vázquez, A. T. Aguilar-Pérez, C. F. Solorio-Sánchez, F. J. and J.C. Ku-Vera. 2020. Enteric methane emissions in crossbred heifers fed a basal ration of low-quality tropical grass supplemented with different nitrogen sources. *Czech Journal of Animal Science*, 650 (4): 135-144. [10.17221/256/2019-cjas](https://doi.org/10.17221/256/2019-cjas)
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2016. Legumbres: semillas nutritivas para un futuro sostenibles. FAO, Chile.
- Ferraretto, L.F., P.M. Crump, and R.D. Shaver. 2015. Effect of ensiling time and exogenous protease addition to whole-plant corn silage of various hybrids, maturities, and chop lengths on nitrogen fractions and ruminal in vitro starch digestibility. *Journal of Dairy Science*, 98: 8869-8881. [10.3168/jds.2015-9511](https://doi.org/10.3168/jds.2015-9511)
- Franke, A.C., G.J. van den Brand, B. Vanlauwe, and K.E. Giller. 2018. Sustainable intensification through rotations with grain legumes in Sub-Saharan Africa: A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 261: 172-185. [10.1016/j.agee.2017.09.029](https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.09.029)
- Gallo, A., G. Giuberti, A.S. Atzori, and F. Masoero. 2018. Short communication: In vitro rumen gas production and starch degradation of starch-based feeds depend on mean particle size. *Journal of Dairy Science*, 101: 6142-6149. [10.3168/jds.2017-13944](https://doi.org/10.3168/jds.2017-13944)
- Holguín, V., A. Vilma, M. Cuchillo-Hilario, J. Mazabel, S. Quintero, and J. Mora-Delgado. 2020. Efecto de la mezcla ensilada de *Pennisetum purpureum* y *Titbonia diversifolia* sobre la fermentación ruminal in vitro y su emisión de metano en el sistema RUSITEC. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11: 19-37. [10.22319/rmcp.v11i1.4740](https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.4740)
- Huisden, C.M., A.T. Adesogan, S.C. Kim, and T. Ososanya. 2009. Effect of applying molasses or inoculants containing homofermentative or heterofermentative bacteria at two rates on the fermentation and aerobic stability of corn silage. *Journal of Dairy Science*, 92: 690-697. [10.3168/jds.2008-1546](https://doi.org/10.3168/jds.2008-1546)
- Jiménez-Calderón, J. D., A. Martínez-Fernández, A. Soldado, A. González, and F. Vicente. 2020. Faba bean-rapeseed silage as substitute for Italian ryegrass silage: effects on performance and milk quality of grazing dairy cows. *Animal Production Science*, 60(7): 913. [10.1071/an17905](https://doi.org/10.1071/an17905)
- Jobim, C.C., L.G. Nussio, R.A. Reis, and P. Schmidt. 2007. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36: 101-119. [10.1590/S1516-35982007001000013](https://doi.org/10.1590/S1516-35982007001000013)
- Johnston, D.J., K. Theodoridou, A.W. Gordon, T. Yan, W.C. McRoberts, and C.P. Ferris. 2019. Field bean inclusion in the diet of early-lactation dairy cows: Effects on performance and nutrient utilization. *Journal of Dairy Science*, 102: 10887-10902. [10.3168/jds.2019-16513](https://doi.org/10.3168/jds.2019-16513)



- Junges, D., G. Morais, M.H.F. Spoto, P.S. Santos, A.T. Adesogan, L.G. Nussio, and J.L.P. Daniel. 2017. Short communication: Influence of various proteolytic sources during fermentation of reconstituted corn grain silages. *Journal of Dairy Science*, 100: 9048-9051. [10.3168/jds.2017-12943](https://doi.org/10.3168/jds.2017-12943)
- Kung, L., R.D. Shaver, R.J. Grant, and R.J. Schmidt. 2018. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*, 101: 4020-4033. [10.3168/jds.2017-13909](https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909)
- Martin, N.P., M.P. Russelle, J.M. Powell, C.J. Sniffen, S.I. Smith, J.M. Tricarico, and R.J. Grant. 2017. Invited review: Sustainable forage and grain crop production for the US dairy industry. *Journal of Dairy Science*, 100: 9479-9494. [10.3168/jds.2017-13080](https://doi.org/10.3168/jds.2017-13080)
- Mogodiniyai Kasmaei, K., B.O. Rustas, R. Spörndly, and P. Udén. 2013. Prediction models of silage fermentation products on crop composition under strict anaerobic conditions: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, 96: 6644-6649. [10.3168/jds.2013-6858](https://doi.org/10.3168/jds.2013-6858)
- Nalle, C. L., V. Ravindran, and G. Ravindran. 2010. Nutritional value of faba beans (*Vicia faba L.*) for broilers: Apparent metabolisable energy, ileal amino acid digestibility and production performance. *Animal Feed Science and Technology*, 156(3-4): 104-111. [10.1016/j.anifeedsci.2010.01.010](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.01.010)
- Niderkorn, V., G. Copani, and C. Martin. 2019. Effects of including bioactive legumes in grass silage on digestion parameters, nitrogen balance and methane emissions in sheep. *Grass and Forage Science*, 74: 626-635. [10.1111/gfs.12454](https://doi.org/10.1111/gfs.12454)
- Nieto-Sierra, D.F., E. Lagos-Burbano, Y. Avellaneda-Avellaneda, and E. Castro-Rincón. 2020. Productivity of dairy cows supplemented with silage of fava bean fodder beet. *Agronomía Mesoamericana*, 31(2): 341-351. [10.15517/am.v31i2.37806](https://doi.org/10.15517/am.v31i2.37806)
- Przemyslaw, S., P. Cezary, M. Stanislaw, L. Krzysztof, P. Barbara, A. Zofia, F. Maja, Z. Katarzyna, and K. Ząbek. 2015. The effect of nutritional and fermentational characteristics of grass and legume silages on feed intake, growth performance and blood indices of lambs. *Small Ruminant Research*, 123(1): 1-7. [10.1016/j.smallrumres.2014.11.008](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.11.008)
- Queiroz, O.C., K.G. Arriola, J.L. Daniel, and A.T. Adesogan. 2013. Effects of 8 chemical and bacterial additives on the quality of corn silage. *Journal of Dairy Science*, 96:5836-43 [10.3168/jds.2013-6691](https://doi.org/10.3168/jds.2013-6691)
- Rinne, M., M.M. Leppä, K. Kuoppala, E. Koivunen, M. Kahala, T. Jalava, J.P. Salminen, K. Manni. 2020. Fermentation quality of ensiled crimped faba beans using different additives with special attention to changes in bioactive compounds. *Animal Feed Science and Technology*, 265:114497. [10.1016/j.anifeedsci.2020.114497](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114497)
- Rojas-Tiempo, J., R. Díaz-Ruiz, F. Álvarez-Gaxiola, J. Ocampo-Mendoza, and A. Escalante-Estrada. 2012. Tecnología de producción de haba y características socioeconómicas de productores en Puebla y Tlaxcala. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3: 35-49.
- Sainz-Ramírez, A., A. Botana, S. Pereira-Crespo, L. González-González, M. Veiga, C. Resch, J. Valladares, C.M. Arriaga-Jordán, and G. Flores-Calvete. 2020. Effect of the cutting date and the use of additives on the chemical composition and fermentative quality of sunflower silage. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11: 620-637. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i3.5092>
- Santos, M.C. and L. Jr. Kung. 2016. Short communication: The effects of dry matter and length of storage on the composition and nutritive value of alfalfa silage. *Journal Dairy Science*, 99(7):5466-5469. [10.3168/jds.2016-10866](https://doi.org/10.3168/jds.2016-10866)
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentario y Pesquero, con información de las Delegaciones de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2020. Informe Nacional: Producción anual de leche y producción agrícola. http://infosiap.siap.gob.mx/anpecuario_siapx_gobmx/GanadoOtrosMpio.do Access date 20 november 2022.
- Tilley, J.M. and R.A. Terry. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Grass Forage Science*, 18:104-111.
- Van Soest, P., J.B. Robertson, and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *International Journal of Dairy Science*, 74: 3583-3597. [10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Vilariño, M., J.P. Métayer, K. Crépon, and G. Duc. 2009. Effects of varying vicine, convicine and tannin contents of faba bean seeds (*Vicia faba L.*) on nutritional values for broiler chicken. *Animal Feed Science and Technology*, 150(1-2): 114-121. [10.1016/j.anifeedsci.2008.08.001](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2008.08.001)
- Zdunczyk, Z., D. Mikulski, J. Jankowski, B. Przybylska-Gornowicz, E. Sosnowska, J. Juskiwicz, R. Amarowicz, and B.A. Slominski. 2018. Effects of dietary inclusion of high- and low-tannin faba bean (*Vicia faba L.*) seeds on microbiota, histology and fermentation processes of the gastrointestinal tract in finisher turkeys. *Animal Feed Science and Technology*, 240: 184-196. [10.1016/j.anifeedsci.2018.04.006](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.04.006)

