



Uso de aditivos para la conservación de ensilados de alfalfa

Use of additives for the preservation of alfalfa silage

Jorge Vargas Monter ^a, Diana M. Sifuentes Saucedo ^b, Erick A. Zuñiga Estrada ^c, Leodan T. Rodríguez Ortega ^d, Juan Noguez Estrada ^e, Héctor O. Orozco Gregorio ^f

Abstract:

The objective was to review the effect of inoculants and additives on the preservation of alfalfa silage. Scientific information was reviewed and it was found that silage quality assurance depends on the characteristics of the forage to be ensiled, the generation of anaerobic conditions in the silo, and the population dynamics of lactic acid bacteria. Homofermentative lactic acid bacteria acidify the medium to inhibit harmful bacteria and induce the growth of heterofermentative acetic acid-producing bacteria, which prevents the growth of fungi and yeasts, ensuring silage stability and preservation. The review shows that the use of inoculants, antioxidant additives such as phycocyanin, tannins, and distillery waste mixtures improve fermentation, reduce spoilage, and maintain the protein content of the silage. It is concluded that the strategic combination of biological and chemical additives optimizes the preservation of alfalfa silage, ensuring its nutritional value for animal production.

Keywords:

silage, alfalfa, lactic acid bacteria, fermentation.

Resumen:

El objetivo fue revisar el efecto de inoculantes y aditivos en la conservación de ensilajes de alfalfa. Se revisaron bases de información científica y se encontró que el aseguramiento de la calidad de ensilaje depende de las características del forraje a ensilar, la generación de condiciones anaeróbicas en el silo y la dinámica poblacional bacteriana láctica. Las bacterias homofermentativas acidolácticas, acidifican el medio para inhibir bacterias nocivas e inducir crecimiento de bacterias heterofermentativas productoras de ácido acético que previene el crecimiento de hongos y levaduras, asegurando la estabilidad y conservación del ensilado. La revisión evidencia que el uso de inoculantes, aditivos antioxidantes como ficocianina, taninos y mezcla de residuos destilería mejoran la fermentación, reducen el deterioro y mantienen el contenido proteico del ensilado. Se concluye que la combinación estratégica de aditivos biológicos y químicos optimiza la conservación de ensilados de alfalfa, asegurando su valor nutritivo para la producción animal.

Palabras Clave:

ensilaje, alfalfa, bacterias ácido-lácticas, fermentación.



^a J. Vargas Monter, Universidad Politécnica de Francisco I. Madero | Ingeniería en Producción Animal | Francisco I. Madero, Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0001-9845-2598>, Email: jvargas@upfim.edu.mx

^b D. M. Sifuentes Saucedo, Universidad Politécnica de Francisco I. Madero | Ingeniería en Producción Animal | Francisco I. Madero, Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0001-8384-7941>, Email: dmsifuentes@upfim.edu.mx

^c E. A. Zuñiga Estrada, Universidad Politécnica de Francisco I. Madero | Ingeniería en Producción Animal | Francisco I. Madero, Hidalgo | México, <https://orcid.org/0009-0001-7174-0255> Email: estrada@upfim.edu.mx

^d L. T. Rodríguez Ortega, Universidad Politécnica de Francisco I. Madero | Ingeniería en Producción Animal | Francisco I. Madero, Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0001-6561-4263> Email: ltrodriguez@upfim.edu.mx

^e J. Noguez Estrada, Universidad Politécnica de Francisco I. Madero | Ingeniería en Producción Animal | Francisco I. Madero, Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0002-0493-8843> Email: jnoguez@upfim.edu.mx

^f H. O. Orozco Gregorio, Universidad Politécnica de Francisco I. Madero | Ingeniería en Producción Animal | Francisco I. Madero, Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0002-7607-5231> Email: horozco@upfim.edu.mx





Introducción

La alfalfa (*Medicago sativa*) es el principal cultivo forrajero en el estado de Hidalgo. Su cosecha cíclica de 30 días en primavera verano y de 45 a 50 días en otoño invierno plantea desafíos para su conservación. La henificación se realiza en clima soleado para elaboración de pacas rollos, sin embargo, en épocas de lluvias, este proceso se dificulta siendo mejor opción la conservación de este forraje a través del ensilaje. El ensilaje es la conservación de forrajes mediante la acidificación por fermentación en ausencia de oxígeno, permite cosechar alfalfa en diversas condiciones climáticas, almacenar grandes cantidades de forraje, reducir pérdidas de materia seca, conservar nutrientes y favorecer la digestibilidad, el consumo de materia seca y el aumento de la producción de leche en vacas (1). Sin embargo, el forraje de alfalfa es difícil de ensilar debido a que tiene un bajo contenido de carbohidratos solubles y una alta resistencia a cambios de pH durante el proceso de acidificación, lo que compromete la calidad del ensilado (2). El éxito de este proceso de conservación depende de la presencia de microbiota ácido láctica benéfica para el proceso y la ausencia de microorganismos no deseables causales de putrefacción. Las dinámicas de la población microbiana determinan el valor nutricional y la seguridad del forraje conservado, impactando directamente en la salud y productividad de los animales (3). Por ello el objetivo del trabajo fue revisar sobre el efecto de inoculantes y aditivos en la conservación de los ensilajes de alfalfa.

Metodología

Se realizó una revisión en las bases de datos científicas Scopus y MDPI en Agosto de 2025. Las palabras claves de búsqueda fueron "alfalfa silage" e "inoculant", "fermentation" y combinaciones de éstas. Los criterios de inclusión fueron; publicaciones recientes de la temática entre 2018 a 2025. Se hizo análisis y síntesis de la información encontrada fue analizada y sistematizada por tipo de inoculante, inóculo bacteriano y principales resultados en el ensilaje de alfalfa.

Resultados y Discusión

Proceso de ensilaje de alfalfa

En el proceso de ensilaje de alfalfa las características del forraje a ensilar: estado fisiológico, contenido de materia seca y relación hoja tallo determinan la calidad del ensilado. La alfalfa debe cortarse en prefloración para asegurar la mayor relación hoja tallo y el valor proteico, luego debe pre-secarse en campo a un contenido de materia seca de 35 al 40%, valores inferiores favorecen desarrollo de bacterias clostridiales que descomponen la proteína y porcentajes mayores dificultan la compactación y favorece el crecimiento de hongos y levaduras. El tiempo de cosecha de la alfalfa es un factor importante y está relacionado con la reducción del pH, en investigaciones previas se reporta que el incremento de carbohidratos fermentables del forraje que se va a ensilar se ve afectado y en algunos casos puede reducir la degradación de proteína debido al incremento en la tasa de descenso del pH (4). El nivel de sustratos fermentables en el forraje de alfalfa incremento a través del día, resultando una rápida caída del pH en el forraje cosechado por la tarde la hora de corte tiene un efecto marcado y consistente que mejora la producción de lactato (5).



^a Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Madero, Universidad Politécnica de Francisco I. Madero | Ingeniería en Producción Animal | Francisco I. Madero, Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0001-9845-2598>, Email: jvargas@upfim.edu.mx

^b Universidad Politécnica de Francisco I. Madero | Ingeniería en Producción Animal | Francisco I. Madero, Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0001-8384-7941>, Email: dmsifuentes@upfim.edu.mx

^c Universidad Politécnica de Francisco I. Madero | Ingeniería en Producción Animal | Francisco I. Madero, Hidalgo | México, <https://orcid.org/0009-0001-7174-0255> Email: cestrada@upfim.edu.mx

^d Universidad Politécnica de Francisco I. Madero | Ingeniería en Producción Animal | Francisco I. Madero, Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0001-6561-4263> Email: ltrodriguez@upfim.edu.mx

^e Universidad Politécnica de Francisco I. Madero | Ingeniería en Producción Animal | Francisco I. Madero, Hidalgo | México <https://orcid.org/0000-0002-0493-8843> Email: jnoguez@upfim.edu.mx

^f Universidad Politécnica de Francisco I. Madero | Ingeniería en Producción Animal | Francisco I. Madero, Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0002-7607-5231> Email: horozco@upfim.edu.mx



La generación de condición anaeróbica en los silos es el punto crítico, se logra con compactación y tapado en los primeros 3 días, donde el pH se mantiene entre 6.5 y 6. El ambiente anaeróbico favorece el crecimiento de bacterias ácido-lácticas productoras de ácido láctico del día 7 al 21 y logrando la acidificación del medio a rangos de pH deseados de 3.8 a 4.2, no permitiendo crecer bacterias clostridiales. Posterior a este tiempo el pH se estabiliza por debajo de 4.2, la actividad de las bacterias ácido lácticas se disminuye y el ensilaje entra en fase de conservación prolongada siempre y cuando se mantenga el ambiente anaerobio (3).

Posterior a los 21 días un ensilado de buena calidad debe tener textura firme de aspecto húmedo, color verdoso o pardo claro, colores oscuros indican fermentación indeseada, el olor debe ser dulce y afrutado, olores a amoníaco y rancio indica mala conservación.

Bacterias asociadas al ensilado de alfalfa

El género *Lactobacillus* pertenece a la familia *Lactobacillaceae* incluye más de 100 especies y subespecies, siendo el grupo más grande dentro de esta familia; forma parte del grupo de bacterias del ácido láctico (BAL), caracterizadas por ser Gram positivas y producir ácido láctico por fermentación. Estas bacterias, con forma de varilla, pueden ser homofermentativas, produciendo principalmente ácido láctico, o heterofermentativas, generando ácido láctico, ácido acético, etanol y CO₂ (tabla 1) (6) y (7).

Tabla 1. Reacciones de fermentación producidas por bacterias productoras de ácido láctico (8).

Tipo de Fermentación	Reacción
Homofermentativa	1 6- C azúcar láctico → 2 ácido
	1 6-C azúcar → 1 ácido láctico + 1 ácido acético + CO ₂
Heterofermentativa	1 6-C azúcar → 1 ácido láctico + 1 etanol + CO ₂
	1 ácido láctico → 1 ácido acético + CO ₂

Generalmente el maíz y el sorgo tienen mayores poblaciones de bacterias en comparación con el cultivo de alfalfa, por lo tanto, para tener un impacto en la fermentación la proporción del inoculante se debe aplicar al menos un 10% de la población nativa de bacterias.

Las bacterias benéficas homofermentativas como *Lactobacillus plantarum* representa la primera población que fermentan el forraje a ácido láctico y propicia la acidificación del medio favoreciendo el crecimiento de bacterias heterofermentativas como *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus brevis* que metabolizan el ácido láctico a acético y etanol (Tabla 2). El ácido acético es un agente antifúngico, además evita calentamiento y pudrición del ensilado (9).

Tabla 2. Microorganismos asociados a la conservación y deterioro del ensilaje de alfalfa.

Categoría	Bacteria	Función
Benéficos	<i>Lactobacillus</i>	Producen ácido

Homofermentativos	<i>plantarum</i> , <i>Pediococcus pentosaceus</i> , <i>Pediococcus acidilactici</i>	láctico a partir de los azúcares solubles del forraje, baja el pH rápidamente.
Benéficos	<i>Lactobacillus buchneri</i> ,	Producen ácido acético y etanol a partir del ácido láctico, mejorando la estabilidad aeróbica.
Heterofermentativos	<i>Lactobacillus brevis</i>	Degradan proteínas y producen ácido butírico, micotoxinas y etanol, reduciendo el valor nutricional y causando riesgos para la salud animal.
Nocivos	<i>Clostridium tyrobutyricum</i> , <i>Clostridium perfringens</i> , <i>Clostridium botulinum</i>	

La pérdida de la condición anaeróbica propicia el crecimiento de bacterias del género *Clostridium*, que degradan la proteína y producen ácido butírico, generando deterioro del ensilado, pérdida de forraje, reducción del valor nutricional y riesgo en la salud de animales que lo consumen

Aditivos e inoculantes en ensilados de alfalfa

Las investigaciones recientes sobre uso de inoculantes en el ensilado para optimizar la fermentación de la alfalfa buscan promover mayor estabilidad en la conservación de los ensilados y la reducción del deterioro del forraje (Tabla 3). El uso de bacterias ácido-lácticas en la elaboración de ensilados de alfalfa aseguran una acidificación rápida, una mejor conservación de los carbohidratos solubles y una disminución de nitrógeno amoniacal. Los inoculantes deben promover la fermentación homofermentativa y la reducción de pérdidas de proteína del forraje por desaminación (5). Estudios recientes mencionan el uso de cepas bacterianas de *Lactobacillus* y *Pediococcus* tienen mayor incidencia en la reducción del pH y concentraciones de nitrógeno amoniacal (10).

Tabla 3. Principales aditivos utilizados en ensilado de alfalfa y sus efectos en la conservación del forraje

Aditivo	Inoculo	Efecto
Azúcar y maíz	Bacterias ácido-lácticas	Redujo fibra detergente acida y fibra detergente neutro, aumentó ácido láctico (11).
Ácido fórmico	<i>L. buchneri</i>	Redujo pH, nitrógeno amoniacal y ácido butírico (12)
Antioxidante ficocianina	Sin inoculación	Propicio población de bacterias ácido-lácticas, reducción de pH, ácido

		butírico y nitrógeno amoniaco (13).
Taninos hidrolizables	Sin inoculación microbiana	Redujo nitrógeno amoniaco ruminal e incremento grasa y proteína en leche (14).
Gradientes de humedad en alfalfa	Sin inoculación	Afecta la microbiota y la calidad del ensilado (15). Incrementó ácido láctico y redujo nitrógeno amoniaco (16)
Residuos de destilería	<i>L. acidophilus</i>	

Actualmente se investigan aditivos promotores de la microbiota deseado, como la ficocianina, un pigmento antioxidante derivado de microalgas, cuya incorporación estimula la proliferación de *Lactobacillus* y una mayor capacidad antioxidante al ensilado, además redujo pérdidas por oxidación, acumulación de nitrógeno amoniaco y ácido butírico (13). Se encontró que el control de humedad y el uso de residuos de destilería, mejoran la conservación y mantienen el detrimento de la calidad del forraje (16). Se han evaluado combinaciones de *Lentilactobacillus buchneri* con ácido fórmico, logrando disminución rápida de pH e inhibición de ácido butírico (12). Estos hallazgos sugieren el uso mixto de aditivos biológicos y químicos para optimizar la conservación del forraje y el contenido proteico de la alfalfa.

Conclusiones

El ensilaje es una alternativa para conservar forraje en condiciones climáticas variables, asegurando la disponibilidad de alimento para el ganado. La eficiencia del proceso depende de las características de la alfalfa a ensilar y el establecimiento de la condición de anaerobiosis en el silo para desarrollar la fermentación ácido láctica. La presencia de bacterias ácido lácticas Las bacterias homo y heterofermentativas, es fundamental para una acidificación rápida, inhibición de microorganismos nocivos y preservación de la calidad nutritiva del forraje. La revisión evidenció que el uso de inoculante, aditivos antioxidantes como la ficocianina, taninos, y mezcla de residuos de destilería, contribuyen a mejorar la fermentación y la reducción de deterioro del forraje. El uso combinado de aditivos biológicos y químicos optimizan la conservación de los ensilados y su contenido proteico. Se sugiere para la elaboración de ensilados hacer uso integral de aditivos e inoculantes para la obtención de ensilados de valor nutritivo para los

animales que permitan el sostenimiento de la producción animal eficiente.

Referencias

- [1] Liu, Y., Du, S., Sun, L., Li, Y., Liu, M., Sun, P., ... & Wang, Z. (2024). Volatile metabolomics and metagenomics reveal the effects of lactic acid bacteria on alfalfa silage quality, microbial communities, and volatile organic compounds. *Communications Biology*, 7(1), 1565.
- [2] Wang, Y., Ke, W., Lu, Q., & Zhang, G. (2023). Effects of *Bacillus coagulans* and *Lactobacillus plantarum* on the fermentation characteristics, microbial community, and functional shifts during alfalfa silage fermentation. *Animals*, 13(5), 932.
- [3] Arriola, K. G., Oliveira, A. S., Jiang, Y., Kim, D., Silva, H. M., Kim, S. C., ... & Adesogan, A. T. (2021). Meta-analysis of effects of inoculation with *Lactobacillus buchneri*, with or without other bacteria, on silage fermentation, aerobic stability, and performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 104(7), 7653-7670.
- [4] Améndola-Massioti, R. D., González-Ortiz, R., Topete-Pelayo, P. (2018). BASES DEL ENSILAJE DE MAÍZ Y ALFALFA. *Avances de la Investigación Sobre Producción Animal y Seguridad Alimentaria en México*, pag. 117.
- [5] Owens VN, Albrecht KA, Muck RE. 2002. Protein degradation and fermentation characteristics of unwilted red clover and alfalfa silage harvested at various times during the day. *Grass and Forages Science* 57: 329-341.
- [6] Giraffa, G., Chanishvili, N., & Widyastuti, Y. (2010). Importance of lactobacilli in food and feed biotechnology. *Research in microbiology*, 161(6), 480-487.
- [7] Hammes, W. P., & Vogel, R. F. (1995). The genus *Lactobacillus*. In *The genera of lactic acid bacteria* (pp. 19-54). Boston, MA: Springer US.
- [8] Muck, R. E. (2008, October). Improving alfalfa silage quality with inoculants and silo management. In *Proceedings of the 70th Annual Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers* (pp. 137-146). Cornell University Syracuse, NY.
- [9] Wang, S. Y., Jing, Y. Y., Yang, G., Liu, B., & Gao, F. Q. (2025). Effects of inoculants on the quality of alfalfa silage. *Frontiers in Microbiology*, 16, 1541454.
- [10] Silva, X., Pérez, Y., & Martínez, A. (2020). Improvement of alfalfa fermentation using autochthonous lactic acid bacteria inoculants. *Journal of Animal Feed Science*, 12(3), 45-52.
- [11] Jiang, H., Li, P., & Wang, Q. (2023). Effects of lactic acid bacteria combined with sugar and corn on the fermentation of wet alfalfa silage. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1156.
- [12] Ling, W., Chen, R., & Zhao, Y. (2022). Optimization of alfalfa silage with organic acids, *Lactobacillus buchneri*, and calcium oxide. *Journal of Dairy Science*, 105(9), 7432-7445.
- [13] Liu, X., Zhang, H., & Sun, L. (2024). Enhancement of antioxidant capacity and lactic fermentation of alfalfa silage with phycocyanin. *Animal Feed Science and Technology*, 315, 115585.
- [14] Miao, J., Li, S., & Wang, F. (2025). Effect of hydrolyzable tannins on alfalfa silage quality and milk protein content. *Journal of Dairy Research*, 92, 105-113.
- [15] Liu, Y., Du, S., & Li, M. (2025). Influence of moisture content on bacterial composition and quality of alfalfa silage. *Grass and Forage Science*, 80(1), 112-123.
- [16] Zhao, T., Wang, X., & Liu, P. (2025). Application of distillery residues and fruit pulp as mixed additives in alfalfa silage. *Bioresource Technology*, 377, 129678.