

**Artículo de investigación**

**Calidad bromatológica y organoléptica del ensilaje de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) con la aplicación de inoculantes microbianos**

*Bromatological and organoleptic quality of Elephant Grass (*Pennisetum purpureum*) silage with the application of microbial inoculants*

**Carmen Pineda Ochoa<sup>1</sup>, José Ángel Amesty Castro<sup>2</sup>, Hebandreyna González García<sup>3</sup>, Helvis Hernández Suárez<sup>4</sup>, Leydi Yamilet Rosales Rodríguez<sup>5</sup>, Karin Sandra Parra Ramírez<sup>6</sup>**

<sup>1</sup>Laboratorio de Análisis Bromatológico y Agropecuario de Pastos y Forrajes, Coord. de Ingeniería de Producción Agropecuaria, Universidad Nacional Experimental Sur del Lago (UNESUR), Santa Bárbara de Zulia, Santa Bárbara de Zulia, Código Postal 5147, [pinedao@unesur.edu.ve](mailto:pinedao@unesur.edu.ve). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3606-1035>

<sup>2</sup>Laboratorio de Análisis Bromatológico y Agropecuario de Pastos y Forrajes, Coord. de Ingeniería de Producción Agropecuaria, Universidad Nacional Experimental Sur del Lago (UNESUR), Santa Bárbara de Zulia, Código Postal 5147, [amestyj@unesur.edu.ve](mailto:amestyj@unesur.edu.ve). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7866-1149>

<sup>3</sup>Laboratorio de Suelos, Coord. de Ingeniería de Producción Agropecuaria, Universidad Nacional Experimental Sur del Lago (UNESUR), Santa Bárbara de Zulia, Código Postal 5147, [gonzalezh@unesur.edu.ve](mailto:gonzalezh@unesur.edu.ve). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9622-1139>

<sup>4</sup>Laboratorio de Análisis Bromatológico y Agropecuario de Pastos y Forrajes, Coord. de Ingeniería de Producción Agropecuaria, Universidad Nacional Experimental Sur del Lago (UNESUR), Santa Bárbara de Zulia, Código Postal 5147, [hernandeze@unesur.edu.ve](mailto:hernandeze@unesur.edu.ve). ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7323-3881>

<sup>5</sup>Coord. de Ingeniería de Producción Agropecuaria, Universidad Nacional Experimental Sur del Lago (UNESUR), Santa Bárbara de Zulia, Código Postal 5147, [rosalesy@unesur.edu.ve](mailto:rosalesy@unesur.edu.ve). ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6178-4300>

<sup>6</sup>Laboratorio de Suelos, Coord. de Ingeniería de Producción Agropecuaria, Universidad Nacional Experimental Sur del Lago (UNESUR), Santa Bárbara de Zulia, Código Postal 5147, [parrak@unesur.edu.ve](mailto:parrak@unesur.edu.ve). ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-3295-1279>

**RESUMEN**

Con el objetivo de evaluar la calidad bromatológica y organoléptica del ensilaje de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) con la aplicación de inoculantes microbianos, en las inmediaciones del vivero de la Universidad Nacional Experimental Sur del Lago ubicado en el municipio Colón del estado Zulia, se consideraron las siguientes variables: para la calidad organoléptica: color, olor, textura y las bromatológicas materia seca (MS), proteína bruta (PB), fibra cruda (FC), extracto etéreo (EE), cenizas (CZ), además de la temperatura y el pH. Se realizaron cuatro tratamientos con dos repeticiones cada uno. T0: control, T1: Lactosilo, T2: suero de leche, T3: leche ácida, para un total de 18 unidades experimentales por tratamiento. Se aplicó un diseño completamente al azar con dos factores (días y aditivos), con estructura factorial 4 x 1 (aditivo x día) para la composición química, y una estructura factorial 4 x 5 (aditivo x día) para las bromatológicas, pH y temperatura. Los datos obtenidos se sometieron a una comparación de medias de Tukey en un 5% de significancia. Los ensilajes se clasificaron con una calidad excelente de acuerdo con sus características organolépticas, así como el pH y las temperaturas se mantuvieron en los rangos aceptables para todos los tratamientos, MS, FC, EE, no mostraron diferencia significativa, mientras que, si hubo en el caso de PB y CZ entre los tratamientos 3 y 1. Se concluye que los inoculantes favorecieron el proceso fermentativo del ensilaje de forma satisfactoria.

**Palabras clave:** pasto, fermentación, bacterias ácido lácticas, ensilaje.

**ABSTRACT**

With the objective of evaluating the bromatological and organoleptic quality of elephant grass (*Pennisetum purpureum*) silage with the application of microbial inoculants, in the vicinity of the nursery of the Universidad Nacional Experimental Sur del Lago located in the Colón Municipality of the Zulia State, were considered the following variables: for the organoleptic quality, color, smell, texture and the bromatological ones, dry matter (DM), crude protein (CP), crude fiber (CF), ethereal extract (EE), ash (CZ), in addition to temperature and the pH. Four treatments were carried out with two repetitions each. T0: control, T1: Lactosyl, T2: whey, T3: acid milk, for a total of 18 experimental units per treatment. A completely randomized design was applied with two factors (days and additives), with a 4 x 1 factorial structure (additive x day) for the chemical composition, and a 4 x 5 factorial structure (additive x day) for the bromatological, pH and temperature. The data obtained were subjected to a comparison of Tukey means in 5% of significance. The silages were classified with excellent quality according to their organoleptic characteristics, as well as the pH and temperatures were maintained in the acceptable ranges for all treatments, MS, FC, EE, did not show a significant difference, while, if there was in the case of PB and CZ between treatments 3 and 1. It is concluded that the inoculants favored the silage fermentation process satisfactorily.

**Keywords:** grass, fermentation, lactic acid bacteria, silage.

Recibido: 13-08-2022

Aceptado: 26-10-2022

Publicado: 26-10-2022

Autor de correspondencia: Hebandreyna González García

Correo electrónico: [gonzalezh@unesur.edu.ve](mailto:gonzalezh@unesur.edu.ve)

## **Introducción**

La producción ganadera, se ve altamente limitada por la disminución de alimento que se producen en los meses menos lluviosos, hecho que obliga a generar alternativas que ayuden a solucionar tal situación, por lo cual, ha tomado auge la conservación de los pastos y forrajes en forma de ensilajes, siendo una técnica muy difundida y utilizada a nivel mundial, puesto que, permite utilizar los recursos alimenticios de la planta a ensilar en el momento necesario, debido a esto Jiménez y Moreno (2000) mencionan que la función básica del ensilaje es conservar el alimento para el uso posterior del mismo.

En Venezuela, según la clasificación climática de Köppen, se cuenta con dos periodos climáticos que varían constantemente, situación que afecta directamente la disponibilidad de forraje para sustentar los requerimientos nutricionales de los rumiantes, por lo cual, el ensilaje ha sido una de las formas más recomendable de preservar el pasto destinado al consumo animal, sin embargo, es una técnica que requiere una serie de procesos como cultivo, cosecha, picado, fermentación anaeróbica y estabilidad de la masa ensilada.

La aplicación de esta técnica al forraje, de acuerdo con Bragachini (2008), persigue como principal objetivo brindar a los rumiantes sus requerimientos alimenticios, almacenándolos en tiempos de abundancia y suministrarlos en tiempos de escasez, conservando así la calidad y aceptabilidad del material utilizado para asegurar que perduren por el tiempo que se necesite, por ello que, McDonald (1991) y Woolford (1984), aluden que el proceso fermentativo es de vital importancia, depende de una fermentación controlada y la calidad bromatológica del forraje verde en el silo, además de diversos factores de especial cuidado.

Ante la necesidad de tener un recurso alimenticio de reserva, para las épocas críticas de producción forrajera, se busca obtener en menor tiempo un material ensilado de calidad y con un adecuado balance nutricional, por lo cual surge la necesidad de estudiar el efecto de inoculantes artesanales como es el suero de leche y leche ácida comparado con un producto comercial, con la finalidad de alcanzar una buena fermentación a través de la producción de ácido láctico, para mantener la calidad nutricional ya que, de acuerdo con Wong (2001), es muy importante ensilar forraje de alta productividad y riqueza nutritiva.

En relación con lo anterior, el empleo de bacterias en forma de inoculantes que promuevan la producción de ácido láctico al ensilado está destinado a asegurar una rápida y vigorosa fermentación que resulte en una pronta acumulación de ácido láctico y valores bajos de pH a etapas más tempranas del ensilado, con lo cual se pretende mejorar la conservación del forraje (Espinoza et al., 2015).

Aunado a ello, el empleo de inoculantes se convierte en una alternativa para optimizar el proceso, asegurar la conservación del material y en algunos casos, incrementar

el valor nutricional; comercialmente existen diversos productos, entre químicos y biológicos, empleados como inoculantes para mejorar el proceso en los ensilajes, sin embargo, es posible el empleo de recursos locales que forman parte de sub productos de la producción láctea que se pudieran considerar como inoculantes para acelerar y/o estabilizar la masa ensilada (Hernández et al., 2016) .

De acuerdo con lo anterior, en el municipio Colón, se genera una cantidad considerable de sub-productos derivados de la actividad láctea, que pudiesen utilizarse en la producción de inóculos de forma artesanal, evaluando el impacto que estos puedan tener en el proceso de fermentación y en la calidad del producto final, debido a que en su elaboración no presentan controles de calidad que garanticen las poblaciones de microorganismos benéficos para el proceso fermentativo.

Por todo lo planteado anteriormente, en la presente investigación se realizó una evaluación de la calidad bromatológica y organoléptica del ensilaje de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) con tres inoculantes microbianos uno comercial (Lactosilo) y dos alternativos (suero de leche y leche ácida).

## **Materiales y métodos**

El estudio se realizó en la parroquia Santa Bárbara municipio Colón del estado Zulia, en un espacio del vivero de la Universidad Nacional Experimental Sur del Lago “Jesús María Semprúm”, en el cual se compararon las características organolépticas y bromatológicas, así como la estabilidad de la masa ensilada durante el proceso fermentativo con la aplicación de tres inoculantes microbianos (un producto comercial, leche ácida y suero de leche).

El estudio se realizó desde un paradigma positivista con enfoque cuantitativo. Al mismo tiempo, el diseño de la investigación fue experimental de campo (Arias, 2012; Rosario y Camacho, 2015).

La unidad experimental estuvo representada por una bolsa de micro silo. El ensayo fue constituido por 18 unidades experimentales en cada tratamiento, para un total de 72 unidades. Se realizó un diseño experimental completamente al azar con dos factores (días y aditivos) y cuatro tratamientos de tres replicas cada uno, con estructura factorial 4 x 1 (aditivo x día) para la composición química, y una estructura factorial 4 x 5 (aditivo x día) para el pH, temperatura y características organolépticas del material ensilado.

Los tratamientos se realizaron de la siguiente manera:

To= Ensilaje de pasto sin aditivo.

T1= Ensilaje de pasto con Lactosilo (producto comercial).

T2= Ensilaje de pasto con suero.

T3= Ensilaje de pasto con leche ácida.

La determinación de la calidad nutricional del ensilaje se realizó mediante el método de fraccionamiento de Weende determinando el porcentaje materia seca (MS), proteína

cruda (PC), fibra cruda (FC), y Cenizas (CZ). Para el caso de las características organolépticas, se sometió a consideración de un panel de expertos en el área, utilizando la tabla de indicadores de calidad propuesta por Chaverra y Bernal (2000).

Para el establecimiento del ensayo, los aditivos suero de leche y leche ácida fueron obtenidos de origen artesanal, en unidades de producción de la zona, mientras que el Lactosilo fue de origen comercial. Para la realización del ensilaje se cosechó un área cultivada con pasto elefante, en las primeras horas de la mañana dejando 2 horas el forraje extendido en el suelo expuesto al sol, con la finalidad de secar el rocío con que amanecen las plantas y evitar exceso de humedad durante el proceso, luego se procedió al picado de las plantas a un tamaño aproximado de 2 a 4 cm, para asegurar una adecuada compactación.

Una vez picado el pasto, se subdividió en 4 raciones de 18 kg, a las cuales se les aplicó con un rociador de manera homogénea 900 mL de suero de leche con 5 mL de melaza, 900 mL de leche ácida con 5 mL de melaza, 900 mL de dilución de Lactosilo (Lactosilo y agua) con 5 mL de melaza y uno sin aplicación de aditivos, cada uno correspondiente con los tratamientos descritos anteriormente. Seguidamente se colocó el material en bolsas plásticas con capacidad de 1 kg, en las cuales se dispuso en capas hasta completar la capacidad de la bolsa, en cada capa se compactó adecuadamente para extraer la mayor cantidad de aire posible, y luego se selló para evitar la entrada de aire.

El experimento se realizó durante 25 días, y las evaluaciones se realizaron los 2, 4, 6, 8, 10, y 25 días desde la elaboración hasta la apertura y toma de muestra para el caso de las variables de estabilidad y características organolépticas, mientras que las bromatológicas sólo el día 25. Es

importante mencionar que las muestras se tomaron del núcleo de la bolsa.

Los datos fueron procesados a través de un análisis de varianza (ANOVA) y un modelo lineal univariante mediante las pruebas de medias de Tukey en un 5% de significancia, con el paquete estadístico SPSS versión 21.

## Resultados y discusión

### Características organolépticas del ensilaje con la aplicación de Lactosilo, suero de leche y leche ácida.

De acuerdo con los resultados obtenidos para las características organolépticas del ensilaje, se observó semejanza en todos los tratamientos, ya que, a través de la propuesta realizada por Chaverra y Bernal (2000), se clasificaron como excelente, al identificar un color verde aceituna o amarillento oscuro, lo que indica una fermentación adecuada, en lo concerniente al olor se identificó un agradable aroma avinagrado a fruta fresca y en cuanto a la textura conservaron sus contornos continuos.

De manera general, las características que presentó la masa ensilada en los distintos tratamientos, mostraron un adecuado proceso fermentativo, de acuerdo a su color, el cual es un indicativo de una adecuada temperatura, lo que ayuda a evitar pérdidas de nutrientes dentro del ensilaje, al igual que el característico olor a fruta ácida revela la presencia de ácido láctico y/o acético, que de acuerdo con Hiriart (2008), es esencial para contrarrestar la proliferación de bacterias indeseables y perjudiciales.

### Estabilidad de las masas ensiladas inoculadas con un producto comercial y dos alternativos.

La determinación de estabilidad a través de la variable temperatura se muestra en la figura 1 y la variable pH en la figura 2.

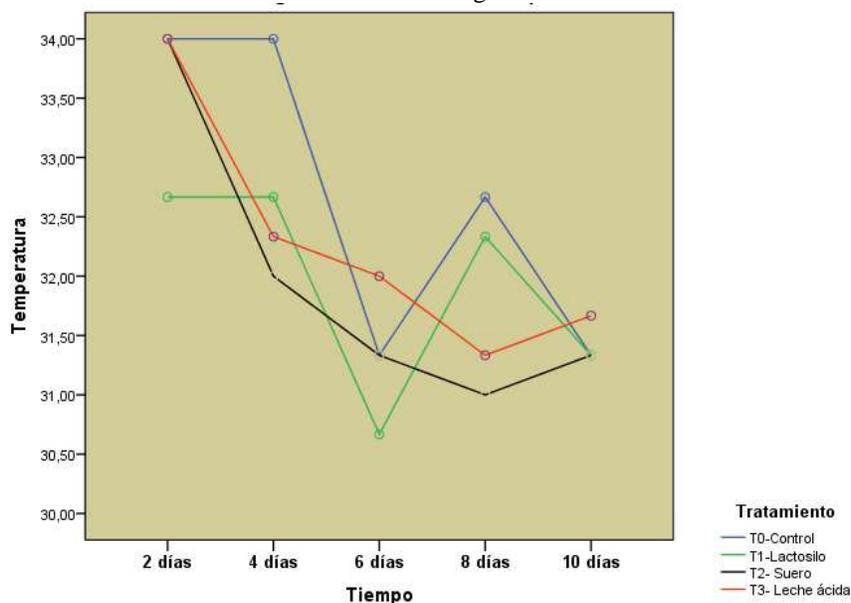
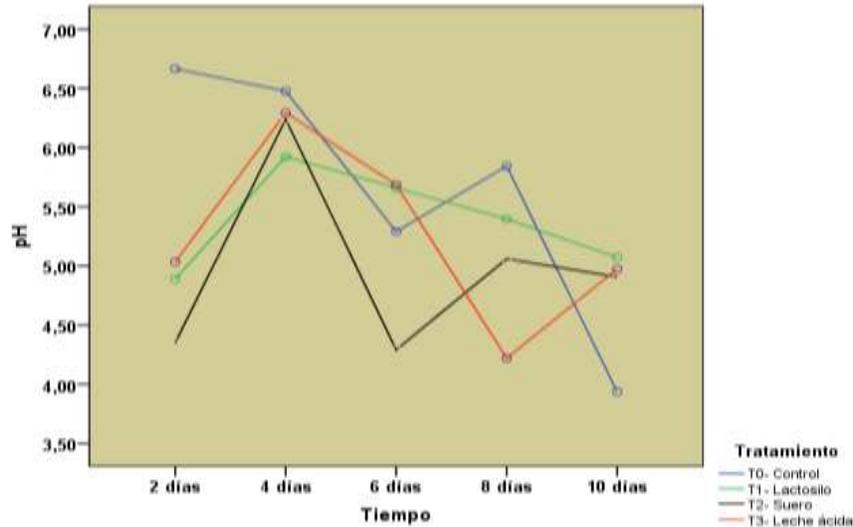


Figura 1. Medias marginales estimadas de la variable temperatura (°C) en masas ensiladas inoculadas con un producto comercial y dos alternativos

En la figura 1, se observan los valores de temperatura (°C) de los ensilados de forraje de *P. purpureum* con y sin inoculantes microbianos. La media más alta para esta variable fue de 34 °C registrada el día 2 para T0, T2 y T3 mientras que la más baja fue de 30,66 °C registrada el día 6

para T1, sin embargo, los tratamientos no mostraron diferencia estadísticamente significativa. Desde el día 2 hasta el día 10 de la evaluación se observó un descenso progresivo de la misma en todos los tratamientos, esto pudo ser producto de la respiración celular.



**Figura 2.** Medias marginales estimadas para la variable pH, en masas ensiladas inoculadas con un producto comercial y dos alternativos.

La figura 2 muestra el comportamiento del pH del material ensilado con los distintos tratamientos, el valor más bajo para el día 10 de la evaluación fue registrado para el T0 con un pH de 3,93, seguido del T2 con 4,90, T3 con 4,97, T1 con 5,07, los cuales estadísticamente no muestran diferencias significativas con un nivel de significancia del 0,05%.

Los valores obtenidos indican, que el proceso de fermentación fue adecuado, a pesar de no alcanzar un grado mayor de acidez; ya que de acuerdo con Bragachini et al. (2008) cuando se ensila material forrajero de alta calidad, se hace difícil disminuir el pH, dado esto por el efecto buffer que puede ejercer el nitrógeno, lo cual puede permitir alcanzar un pH máximo de 4,5.

**Características bromatológicas del producto fermentado con la aplicación de los inoculantes microbianos**

En la tabla 1 se aprecia los resultados de las características bromatológicas del ensilaje de acuerdo con los diferentes tratamientos, en el caso de la MS fluctuó entre 17,49 (T3) y 16,02 (T2); la PB 9,53 (T3) y 7,29 (T1); la FC 42,44 (T3) y 46,54 (T2); el EE entre 2,18 (T3) y 1,24 (T2) y la CZ entre 12,89 (T3) y 10,69 (T1), mostrando diferencia estadísticamente significativa solo para las variables PB y CZ, las cuales presentaron una mejor tendencia hacia el T3 con respecto al T1, lo que pudiese atribuirse a las proteínas y minerales presentes en los inoculantes de suero de leche y leche ácida.

**Tabla 1.** Características bromatológicas de los ensilajes con la aplicación de los inoculantes microbianos.

Tratamientos	%MS	%PB	%FC	%EE	%CZ
T0-Control	17,19	8,35 ab	45,58	1,33	11,82 ab
T1-Lactosilo	16,62	7,29 b	44,16	1,36	10,69b
T2-Suero	16,02	8,35 ab	46,54	1,24	11,91 ab
T3-Leche ácida	17,49	9,53 a	42,44	2,18	12,89a

Letras distintas en la misma columna indica diferencia significativa a p<0,05. MS: Materia seca; PB: Proteína Bruta; FC: Fibra cruda; EE: Extracto etéreo; CZ: Ceniza.

**Discusión**

En relación con las características organolépticas, Granados et al. (2014) reportaron resultados similares a esta investigación, al evaluar un ensilado de pasto estrella con la adición de melaza y lactosuero, asimismo Villalba et al.

(2011) en su ensayo de ensilaje con residuos de café y musáceas, clasificaron los ensilajes en el rango de excelente de acuerdo con su color, olor y textura, propia de un adecuado proceso fermentativo; del mismo modo, clasificaron el ensilaje de Maralfalfa y yuca fresca en los rangos de excelente y bueno. Es importante acotar, que el comportamiento del proceso fermentativo depende además

de factores como la calidad del forraje, el picado, la compactación del silo, el tiempo de llenado, y de una adecuada elaboración del ensilaje, generando una excelente calidad fermentativa, al obtener los compuestos químicos que le otorgan una característica organoléptica adecuada. Por otro lado, en el caso de las variables de estabilidad y las bromatológicas, de acuerdo con Hiriart (2008) los valores de temperatura se encontraron dentro del rango óptimo (27 a 38 °C) para asegurar el crecimiento adecuado de las bacterias lácticas. Los resultados obtenidos en este trabajo difieren de los reportados por Espinoza et al. (2015) al evaluar las características químicas y fermentativas del ensilaje de maíz forrajero, en los que obtuvieron temperaturas que oscilaron alrededor de los 24 °C, al igual que los obtenidos por Villalba et al. (2011) los cuales se encontraron en un rango de 24 a 26 °C.

En el caso de las variables bromatológicas, Espinoza et al. (2015) registraron valores de 31,14 MS; 7,45 CZ; 24,23 FC y 12,29 PB mientras que Granados et al., (2014) obtuvieron valores de 28,34 MS; 12,96 CZ; 11,89 PB y 2,27 EE.

Es importante mencionar que estas variables son sensibles a una serie de factores que pueden provocar cambios drásticos, un ejemplo de ello son las características propias de la especie, las condiciones ambientales, la forma de preparación del ensilaje, así como las propiedades químicas y microbiológicas de los inóculos utilizados.

## Conclusiones

Todos los tratamientos lograron alcanzar un ensilaje de excelente calidad con una coloración verde aceituna, un agradable olor a fruta ácida y una textura con bordes definidos. La temperatura fue adecuada dentro del rango permitido, al igual que los niveles de pH, por lo tanto, se logró una apropiada fermentación permitiendo la estabilidad de la masa ensiladas con la aplicación de los inoculantes. En cuanto a las características bromatológicas, los tratamientos 2 y 3 favorecieron los tenores de PB y CZ incrementando levemente su contenido, por lo cual se pudiese concluir que los inóculos permitieron conservar las propiedades químicas del forraje ensilado.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al personal del Laboratorio de Análisis Químico y el Laboratorio de Análisis Bromatológico y Agropecuario de Pastos y Forrajes de la Universidad Nacional Experimental Sur del Lago, por el apoyo recibido para la realización de este trabajo.

## Referencias

- Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica*. Caracas: Editorial Episteme.
- Bragachini, M., Cattani, P., Gallardo, M., Peiretti, J. (2008). *Forrajes conservados de alta calidad aspectos relacionados al manejo nutricional*. Manfredi, Córdoba: INTA.
- Chaverra, H., Bernal, J. (2000). *Ensilaje en la alimentación del ganado vacuno*. Bogotá Colombia: IICA.
- Espinoza, L., Montenegro, L., Vallejo, C., López M., García, Y. (2015). Efecto de inoculantes microbianos sobre las características químicas y fermentativas de ensilajes de maíz forrajero. *Espanciencia*, 6(1), 15-19.
- Granados, C., Wing Ching, R., Rojas, A. (2014). Ensilaje de pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) con la adición de melaza, suero de leche e inóculos microbiales. *UNED Research Journal*, 6(1), 47-56.
- Hernández, I., Valero, Z. (2016). Efecto de los microorganismos autóctonos y suero de leche en la calidad y estabilidad del ensilaje de maíz. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Experimental Sur del Lago, Venezuela.
- Hiriart, M. (2008). *Ensilados procesamiento y calidad*. México: Trillas.
- Jiménez, F., Moreno J. (2000). *El ensilaje una alternativa para la conservación de forrajes*. Colombia: Corporación Colombiana de Investigaciones Agropecuarias, Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria Colombia. 16-19.
- McDonald, P. (1991). *La bioquímica del ensilaje*. Chacombe: Marlow.
- Rosario, M. y Camacho, C. (2015). *Apuntes de metodología de la investigación*. Santa Bárbara de Zulía, Venezuela: Dirección de publicaciones UNESUR.
- Villalba, D., Amparo, V., Acuña, J., Piñeros, R. (2011). Calidad bromatológica y organoléptica de ensilajes de residuos orgánicos del sistema de producción café – musáceas. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 4 (1), 47-52.
- Wong, C. (2001). *El papel del ensilaje en la producción de rumiantes en los trópicos húmedos*. En: Introducción a la conferencia sobre el uso del ensilaje en el trópico. FAO. Roma, IT.
- Woolford, M. K. (1984). *The Silage Fermentation*. [Microbiological Series, No.14]. New York: Marcel Dekker.

Ciencia y Tecnología Agropecuaria es una revista publicada por la Universidad de Pamplona bajo la licencia: [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) (CC BY-NC-SA 4.0)

