



Evaluación de inoculantes comerciales sobre las características bromatológicas del silaje de *Cenchrus purpureus*¹

Evaluation of commercial inoculants on the bromatological characteristics of *Cenchrus purpureus* silage

Avaliação de inoculantes comerciais sobre as características bromatológicas da silagem de *Cenchrus purpureus*

Eduardo Espínola^{2*} Jorge Caballero³ Javier Villalba⁴ Osvaldo Sánchez⁵ Verónica Silva⁶

2. Profesor, Universidad Nacional de Caaguazú, Facultad Ciencias de la Producción, Coronel Oviedo, Paraguay. Correo electrónico. eduardo.espinola@fcpunk.edu.py – Código ORCID: 0009-0004-9343-7881
3. Docente Investigador, Tutor de Tesis. Universidad Nacional de Asunción, Asunción, Paraguay. Correo electrónico. daniel.caballero@agr.una.py – Código ORCID: 0000-0002-1722-8883
4. Profesor, Universidad Nacional de Caaguazú, Facultad Ciencias de la Producción, Coronel Oviedo, Paraguay. Correo electrónico. carlos.vilalba@fcpunk.edu.py – Código ORCID: 0000-0001-9977-5882
5. Profesor, Universidad Nacional de Caaguazú, Facultad Ciencias de la Producción, Coronel Oviedo, Paraguay. Correo electrónico. osvaldo.sanchez@fcpunk.edu.py – Código ORCID: 0009-0006-4232-2827
6. Profesor, Universidad Nacional de Caaguazú, Facultad Ciencias de la Producción, Coronel Oviedo, Paraguay. Correo electrónico. veronica.silva@fcpunk.edu.py – Código ORCID: 0009-0002-0984-3998

RESUMEN

La producción de ensilado es una técnica de almacenamiento de alimento tipo voluminoso para momentos de escasez, en los últimos años, para mejorar el proceso de ensilaje se han utilizado diferentes compuestos como los inoculantes, por lo cual se llevó a cabo la investigación en el distrito de Coronel Oviedo, departamento de Caaguazú con el objetivo de evaluar el efecto de inoculantes comerciales sobre las características bromatológicas del silaje de *Cenchrus purpureus* cv Camerún morado. El diseño de recolección de datos fue completamente al azar con 4 tratamientos y 5 repeticiones, los tratamientos fueron: el T0 (Testigo sin aplicación de Inoculantes), T1 (Aplicación de Inoculante A), T2 (Aplicación de Inoculante B), T3 (Aplicación de Inoculante C). Las variables analizadas fueron: nivel de pH, Materia Seca (%MS), Proteína Bruta (%PB), Fibra Detergente Neutra (%FDN), Fibra Detergente Ácida (%FDA), Lignina (%L), Grasa (%G), Material Mineral (%MM), y Proteína Insoluble en FDA (%PIFDA). Los datos fueron analizados mediante la prueba ANAVA y en caso de haber diferencias estadísticas significativas se realizó la comparación de media por Test de Tukey. Los resultados mostraron que en todas las variables no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, el T1 mostró mejores tendencias para nivel de pH (4,28), y %MS (21,63%). El T2 mostró mejores tendencias para %PB (7,68%), %FDA (34,05%), %G (2,11%), y %PIFDA (0,69%). El T3

¹ Este artículo se deriva de la investigación de la tesis de posgrado titulada 'Evaluación de inoculantes comerciales sobre las características bromatológicas del silaje de *Cenchrus purpureus*', presentada en la Facultad de Ciencias de la Producción Universidad Nacional de Caaguazú

mostró mejores tendencias para %FDN (58,72%), %L (7,69%), y %MM (11,34%).

Palabras Claves: voluminoso, proteína, fibra, tendencia.

Recibido: 20/05/2025 Aprobado: 08/07/2025 Publicado: 01/08/2025

ABSTRACT

Silage production is a bulky type feed storage technique in times of scarcity, in recent years to improve the silage process different compounds such as inoculants have been used, so the research was carried out in the district of Coronel Oviedo, department of Caaguazú with the objective of evaluating the effect of commercial inoculants on the bromatological characteristics of the silage of *Cenchrus purpureus* cv Camerún morado. The data collection design was completely randomized with 4 treatments and 5 replicates, the treatments were: T0 (control without inoculant application), T1 (application of inoculant A), T2 (application of inoculant B), T3 (application of inoculant C). The variables analyzed were: pH level, Dry Matter (%MS), Crude Protein (%PB), Neutral Detergent Fiber (%FDN), Acid Detergent Fiber (%FDA), Lignin (%L), Fat (%G), Mineral Material (%MM), and FDA Insoluble Protein (%PIFDA). The data were analyzed by ANAVA test and in case of significant statistical differences, the mean comparison was performed by Tukey's test. The results showed that in all variables there were no statistically significant differences between treatments, T1 showed better trends for pH level (4.28) and %MSF (21.63%). T2 showed better trends for %PBP (7.68%), %FDA (34.05%), %G (2.11%), and %PIFDA (0.69%) T3 showed better trends for %FDN (58.72%), %L (7.69%), and %MM (11.34%).

Key words: bulk, protein, fiber, trend.

RESUMO

A produção de silagem é uma técnica de armazenamento de alimentos volumosos em épocas de escassez. Nos últimos anos, diferentes compostos, como os inoculantes, têm sido utilizados para melhorar o processo de ensilagem, por isso foi realizada uma pesquisa no distrito de Coronel Oviedo, departamento de Caaguazú, com o objetivo de avaliar o efeito de inoculantes comerciais sobre as características bromatológicas da silagem de *Cenchrus purpureus* cv Camerún morado. O delineamento da coleta de dados foi inteiramente casualizado com 4 tratamentos e 5 repetições, os tratamentos foram: T0 (controle sem aplicação de inoculante), T1 (aplicação de inoculante A), T2 (aplicação de inoculante B), T3 (aplicação de inoculante C). As variáveis analisadas foram: nível de pH, Matéria Seca (%MS), Proteína Bruta (%PB), Fibra Detergente Neutra (%FDN), Fibra Detergente Ácida (%FDA), Lignina (%L), Gordura (%G), Material Mineral (%MM) e Proteína Insolúvel em FDA (%PIFDA). Os dados foram analisados pelo teste ANAVA e, em caso de diferenças estatísticas significativas, o teste de Tukey foi usado para comparar as médias. Os resultados mostraram que, em todas as variáveis, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos; o T1 apresentou melhores tendências para o nível de pH (4,28) e %MSF (21,63%). O T2 apresentou melhores tendências para %PBP (7,68%), %FDA (34,05%), %G (2,11%) e %PIFDA (0,69%). O T3 apresentou melhores tendências para %FDN (58,72%), %L (7,69%) e %MM (11,34%).

Palavras-chave: volume, proteína, fibra, tendencia.

1. Introducción

La extensa superficie dedicada a la explotación agropecuaria en Paraguay se ve afectada por situaciones climáticas, que dificultan que se convierta en mayor productividad para la zona, principalmente en el ámbito de la alimentación animal para mantener los suministros de alimento durante todo el año, específicamente en los bovinos, por lo que entre las alternativas de suplementación animal, se encuentra la elaboración de ensilajes como proceso de conservación de forrajes para mitigar la escasez de alimento y aumentar el aporte energético-proteico. (Saavedra et al. 2020).

Aunque se dispone de diferentes tecnologías de conservación para atenuar los efectos negativos de la estacionalidad forrajera, predomina el proceso de ensilaje por la facilidad de realizarlo en cualquier época del año y por su baja demanda en infraestructura, la mayoría de los productores, en especial los de pequeña dimensión que cuentan con escasa disponibilidad de base territorial y nulos recursos económicos, no pueden desarrollar su actividad ganadera de forma óptima, por cuanto se hace necesario abordar al ensilaje de forraje bajo un enfoque multidimensional con vistas a mejorar la calidad y disponibilidad. (Sánchez 2000).

El ensilaje es una técnica de preservación de forraje que se logra por medio de una fermentación láctica espontánea bajo condiciones anaeróbicas (O'kiely et al. 2001).

La importancia agronómica del forraje *Cenchrus purpureus* cv Camerún morado está dada por su gran potencial forrajero en cantidad y calidad cuando es manejado para utilización directa, pastoreo o como reserva, silo y eventualmente heno, es un pasto esencialmente para corte y ensilaje. (Bemhana 2002). En Paraguay, el pasto del género *Cenchrus purpureus* cv Camerún bajo las formas de pastos de corte y ensilaje, muestra un potencial productivo de 35.620 kg/ha/año de MS (Cardona 2020).

El empleo de bacterias ácido lácticas en forma de inoculantes promueve la producción de ácido láctico al ensilado y 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).

Las diferentes marcas comerciales de inoculantes son útiles cuando el forraje presenta bajo nivel de carbohidratos solubles y alta capacidad buffer, tal como sucede en tréboles y alfalfa, por lo tanto, la inclusión de inóculos microbiales en diferentes forrajes ha permitido obtener mejores características del ensilaje resultante, principalmente menor pH mayor concentración de ácido láctico y menor nivel de nitrógeno amoniacal. (Hernández et al. 2016).

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de inoculantes comerciales sobre las características bromatológicas del silaje de *Cenchrus purpureus* cv Camerún morado.

2. Metodología

La investigación se llevó a cabo en el área de Producción Forrajera del Campo Experimental y de Prácticas (CEPRA) de la Facultad Ciencias de la Producción de la Universidad Nacional de Caaguazú, ubicada en la compañía de Tuju Pucú de la ciudad de Coronel Oviedo, en el Departamento de Caaguazú, cuyas coordenadas son 25 ° 29' 52" de latitud Sur, y 56 ° 27' 7". La investigación tuvo una duración de 45 días, la misma se realizó a inicio del mes de diciembre del año 2023 hasta mediados del mes de enero del año 2024.

La población de unidades estuvo constituida de una población infinita, donde la selección de la muestra fue expofeso, integrada por un cultivo de *Cenchrus purpureus* cv Camerún morado, ubicada en una parcela de 460 m² (20m x 23m) de 90 días post corte de uniformización, que posteriormente fueron ensiladas en 20 silos tipo bolsa de 40 kilogramos (diámetro 60 cm., altura de 1,40m., espesor de 140 micras), a los que se les aplicaron los tratamientos de forma aleatoria

El diseño para la recolección de los datos fue completamente al azar (DCA) con 4 tratamientos y 5 repeticiones, totalizando 20 unidades experimentales, cada silo tipo bolsa de 40 kg correspondió a una unidad experimental.

Para la investigación se seleccionó una parcela de 20m x 23m (460 m²) con la pastura de *Cenchrus purpureus* cv Camerún morado al cual se le realizó el último corte de uniformización hace 90 días con un abonado de base de NPK (15-15-15) de 20 gramos por metro lineal, con estiércol bovino aplicados con la dosificación de 30 toneladas por hectáreas, ajustados a la dimensión del terreno (1.380 kg).

El forraje se encontraba con una altura promedio de 3 m. con una buena relación hoja/tallo y escasa presencia de hojas senescentes, se procedió al corte manual del mismo con machete a 20 cm del suelo, una cantidad de 1.000 kilos (1 Tn) aproximadamente ya que la necesidad era de 800 kilos teniendo en cuenta que cada silo tipo bolsa debe pesar 40 kg y se debía completar 20 bolsas, seguidamente la pastura se trasladó hasta el depósito donde se encontraba la forrajera y la compactadora, en dicho lugar se realizó el picado del forraje en trozos de 2 a 4 cm y el compactado de manera manual, además de la aplicación de los inoculantes según especificación de cada marca comercial.

Los silos tipo bolsa fueron almacenados en el galpón de producción Ovina el mismo posee una elevación de 1,5m, protegiéndolo de la humedad y de la luz solar directa, a cada tratamiento con su correspondiente repetición fueron colocados carteles identificatorios, se dejaron almacenados por un tiempo de 45 días, transcurrido ese tiempo se procedió a la apertura de los mismos.

Tabla 1. Distribución de tratamientos

Tratamiento	Descripción	Repeticiones
-------------	-------------	--------------

T0	Testigo sin aplicación de Inoculantes	5 (Cinco)
T1	Aplicación de Inoculante A (S.N.)	5 (Cinco)
T2	Aplicación de Inoculante B (S.K.)	5 (Cinco)
T3	Aplicación de Inoculante C (S.S.)	5 (Cinco)

Tabla 2. Aplicación de inoculantes por tratamientos y repeticiones (según recomendación de las marcas comerciales).

Tratamientos	Composición del inoculante	Total Kg	Inoc. por Trat.	Agua por Trat.	Rep.	Kg de Pasto /UE	Caldo por UE
T0 (Testigo)	Sin Inoculante	200	-	-	5	40	-
T1 (A)	Lactobacillus plantarum, Lactobacillus buchneri, Pediococcus acidilacti, Lactococcus Lactis.	200	0,8 gr.	800 ml	5	40	160 ml
T2 (B)	Lactobacillus casei, Lactobacillus plantarum, Streptococcus lactis Aspergillus orizae, Bacillus subtilis.	200	1,6 gr.	800 ml	5	40	160 ml
T3 (C)	Lactobacillus buchneri, Lactobacillus plantarum, Enterococcus faecium, aluminio silicato de sodio, colorante tartracina.	200	0,4 gr.	800 ml	5	40	160 ml

Ref: Kg (Kilogramo), Inoc (Inoculante), Trat (Tratamiento), Rep (Repeticiones), UE (Unidades Experimentales).

Para obtener los datos de la calidad bromatológica del ensilado pasado los 45 días se extrajo las muestras de las 20 unidades experimentales, apartando los primeros 20cm de la cara superior del ensilado, dicha muestra consistía en 500 gramos de cada unidad experimental que fueron analizados en el laboratorio de control de calidad de la empresa

GRANUSA (Granos y Nutrición S.A.).

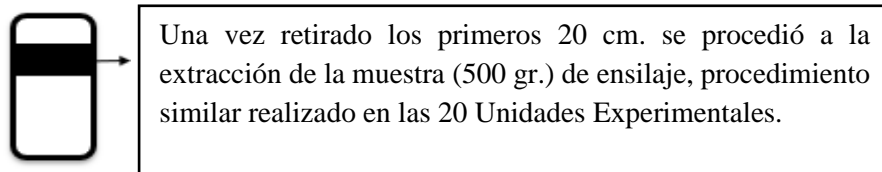


Figura 1: Sitio de extracción de la muestra del silo bolsa enviada a GRANUSA con todos los cuidados de sanidad para asegurar la calidad de los resultados.

Las muestras que fueron enviadas al laboratorio fueron colocadas en papel film liadas con cinta de embalaje, intentando mantener la anaerobiosis en todo momento luego en bolsas de empaque al vacío embaladas nuevamente con cinta de embalaje e identificadas con rótulos por tratamientos y repeticiones, luego se introdujo en otra bolsa grande por tratamiento con rótulo en donde se adjuntaron los datos requeridos por el laboratorio según requisito de la empresa GRANUSA, por último, se colocó en una conservadora para mantener sus propiedades hasta llegar a dicha empresa. En el laboratorio de la empresa GRANUSA se ingresaron los datos (tratamientos-repeticiones) en un software institucional, luego se procedió al repicado en el sector de cuarteo donde se pesaron cada unidad experimental en una balanza de precisión hasta alcanzar los 100 gramos.

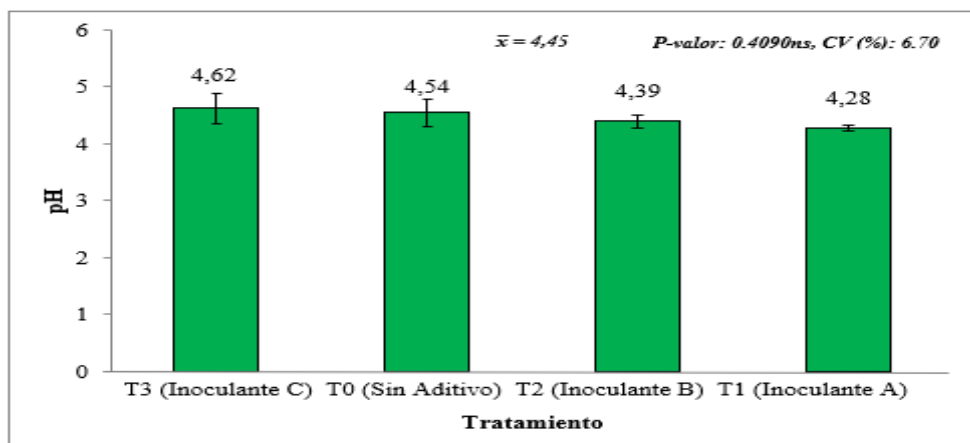
Las variables evaluadas fueron: Materia Seca, para determinar esta variable se seleccionó al azar 100 gr de cada muestra, y fueron introducidas en una estufa durante 16 hs a una temperatura de 36° C. La fórmula aplicada fue la siguiente: % MS= (Peso final/ Peso inicial) * 100. Posteriormente se realizó la molienda de cada una de las muestras hasta obtener un polvo suave que fue introducido en la máquina de Espectroscopia del Infrarrojo Cercano durante 5 minutos entre muestras para la obtención de los datos de; nivel de pH, Proteína Bruta, Fibra Detergente Neutra, Fibra Detergente Ácida, Lignina, Grasa, Material Mineral, y Proteína Insoluble en Fibra Detergente Ácida, siguiendo la metodología de análisis de la empresa GRANUSA.

Los resultados obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza ANAVA y en caso de haber diferencias estadísticas significativas se procedió a realizar la comparación de media por medio del Test de Tukey con 5% de probabilidad de error. Para la interpretación se utilizaron figuras.

3. Resultados y Discusión

En las condiciones que se realizó el experimento, se presenta los siguientes resultados:

Figura 2: Se presenta la comparación de medias para la variable nivel de pH.

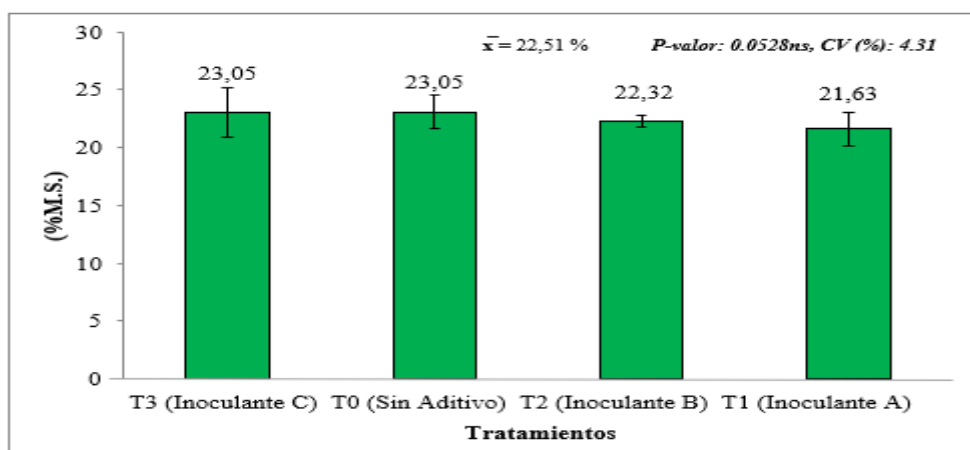


ns: sin diferencias estadísticas significativas, C.V: coeficiente de variación, \bar{x} : promedio.

Los resultados para la variable niveles de pH no presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos debido a que el p-valor fue superior a 0,05. Los coeficientes de varianza reportan datos homogéneos. Si bien no hubo diferencias estadísticas se puede observar que el T1 (Inoculante A) tuvo la tendencia de reducir de mejor manera el nivel de pH, en comparación a los otros inoculantes.

Al contener dicho inoculante mayor cantidad de bacterias homofermentadoras aumenta la capacidad de producir fermentación láctica disminuyendo el pH, ocasionando un ambiente propicio para la estabilidad y conservación a largo plazo del ensilado, resultado similar a la investigación realizada por (Suárez et al. 2011), que concluye que los tratamientos con aditivos de BAL (Bacterias ácido lácticas) presentaron menor pH en contraste con el tratamiento control (sin inoculantes). También coinciden con los resultados de la investigación de (Borreani et al. 2018) donde con la adición de inoculantes de BAL (Bacterias ácido lácticas) al ensilado, provoca una reducción del pH, lo que reduce la actividad de enterobacterias y clostridios.

Figura 3: Se presenta la comparación de medias para la variable porcentaje de Materia Seca.



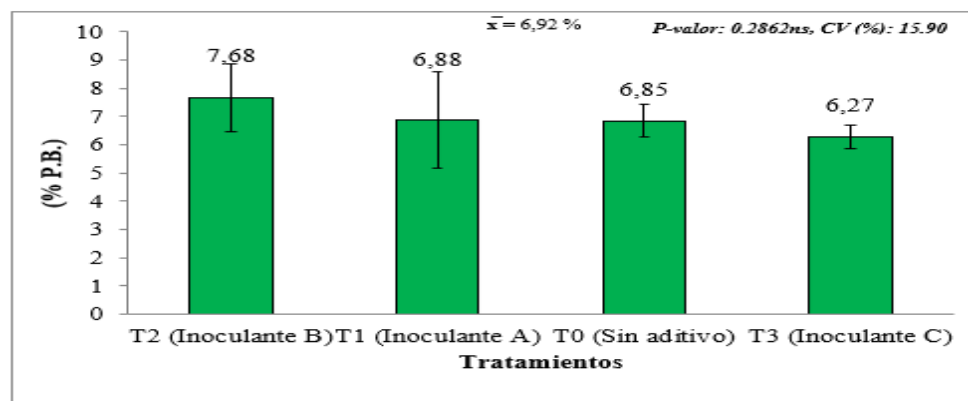
ns: sin diferencias estadísticas significativas, C.V: coeficiente de variación, \bar{x} :

promedio.

Los resultados para la variable porcentaje de Materia Seca no presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos debido a que el p-valor fue superior a 0,05. Los coeficientes de varianza reportan datos homogéneos. Si bien no hubo diferencias estadísticas se puede observar que el T1 (Inoculante A) tuvo la tendencia de reducir de mejor manera el porcentaje de materia seca, en comparación a los otros inoculantes.

Al reducirse el nivel de pH del ensilaje tiene como consecuencia que la materia seca tiende a disminuir, ya que un pH más bajo en el silaje provoca una mayor solubilización de los nutrientes, incluyendo carbohidratos y proteínas, resultando en la disminución del contenido de la materia seca, coincidiendo con los resultados obtenidos por (Michelena et al. 2002) que concluye que cuando la materia seca es alta (mayor de 45%), los procesos de fermentación son limitado predominando en importancia las condiciones anaeróbicas; si la materia seca es baja (20% a 45%), la fermentación es más intensa y de mayor duración por lo que el ensilado de *Cenchrus purpureus* es de mejor calidad.

Figura 4: Se presenta la comparación de medias para la variable porcentaje de Proteína Bruta.

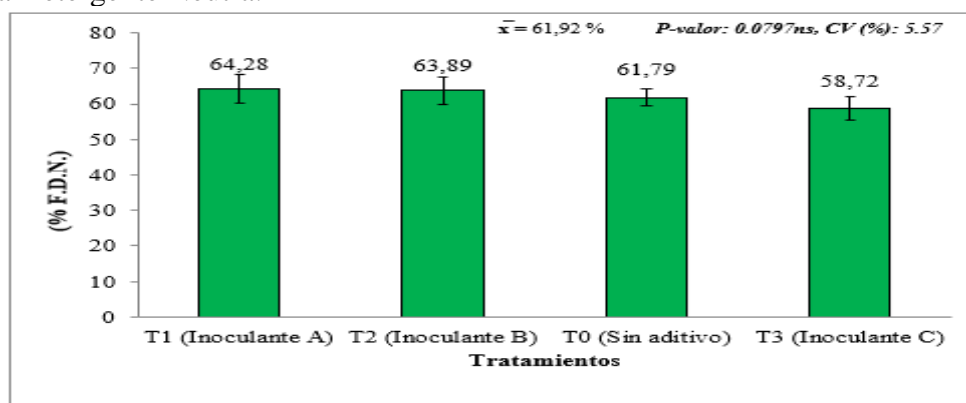


ns: sin diferencias estadísticas significativas, C.V: coeficiente de variación, \bar{x} : promedio.

Los resultados para la variable porcentaje de Proteína Bruta no presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos debido a que el p-valor fue superior a 0,05. Los coeficientes de varianza reportan datos homogéneos. Si bien no hubo diferencias estadísticas se puede observar que el T2 (Inoculante B) fue el que tuvo una tendencia a elevar más el porcentaje de Proteína Bruta en comparación a los otros inoculantes.

Dicho inoculante al poseer bacterias homofermentadoras en mayor proporción a las heterofermentadoras, así como también hongos específicos cuya función es la de producir enzimas que degradan las fibras de la pared celular del forraje, lo que se traduce en una mayor disponibilidad de proteína en el ensilaje, coincidiendo con las investigaciones donde utilizan inoculantes, como las realizadas por (Freitas et al. 2006), (Abdul et al. 2017) y, (Silveira y Santos 2017) quienes reportan porcentajes de proteína bruta en ensilajes de forrajes de 45 días inferiores al 8%.

Figura 5: Se presenta la comparación de medias para la variable porcentaje de Fibra Detergente Neutra.

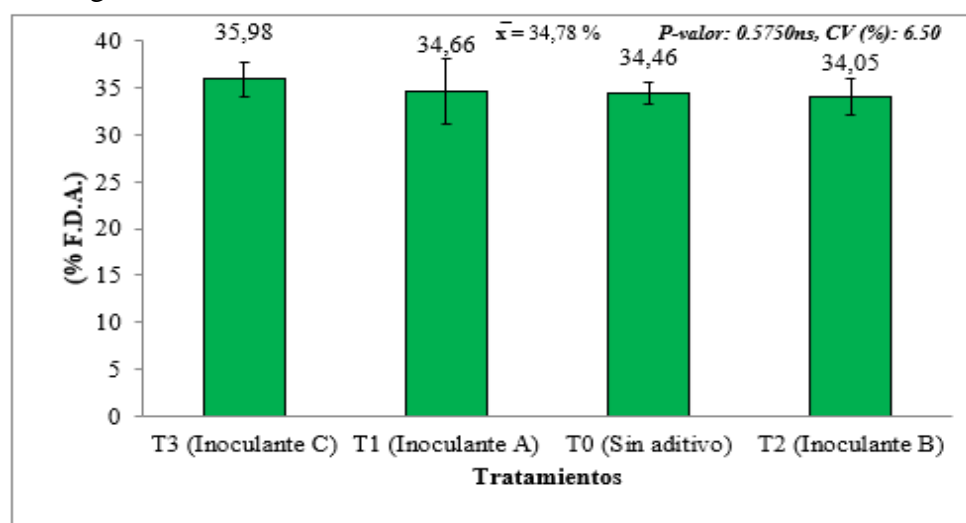


ns: sin diferencias estadísticas significativas, C.V: coeficiente de variación, \bar{x} : promedio.

Los resultados para la variable porcentaje de Fibra Detergente Neutra (FDN) no presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos debido a que el p-valor fue superior a 0,05. Los coeficientes de varianza reportan datos homogéneos. Si bien no hubo diferencias estadísticas se puede observar que el T1 (Inoculante A) tuvo una tendencia a elevar el porcentaje de FDN en comparación a los otros inoculantes.

Esto ocurrió debido a la composición del Inoculante A, ya que posee bacterias que tienen un efecto limitado en la degradación de la fibra, las mismas tienden a reducir el nivel pH del ensilado enfocando su acción principalmente en la fermentación de los azúcares solubles y otros compuestos no fibrosos presentes en el forraje, coincidiendo con la investigación realizada por (Weinberg y Chen 2013) en el cual los tratamientos con mayor concentración de FDN fueron las que utilizaron BAL (Bacterias Acido Lácticas) en el ensilado Maíz.

Figura 6: Se presenta la comparación de medias para la variable porcentaje de Fibra Detergente Ácida.

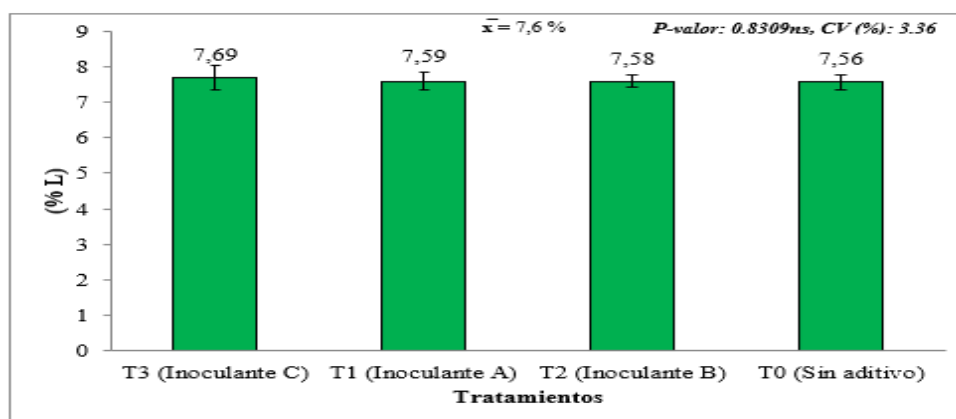


ns: sin diferencias estadísticas significativas, C.V: coeficiente de variación, \bar{x} : promedio.

Los resultados para la variable porcentaje de Fibra Detergente Ácida (FDA) no presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos debido a que el p-valor fue superior a 0,05. Los coeficientes de varianza reportan datos homogéneos. Si bien no hubo diferencias estadísticas se puede observar que el T2 (Inoculante B) tuvo una tendencia a reducir el porcentaje de FDA en comparación a los otros inoculantes.

La disminución del FDA es un aspecto que favorece a la calidad del ensilado, esto ocurrió debido a la composición del Inoculante B ya que contiene microorganismos que actúan sobre la celulosa y la hemicelulosa, contribuyendo a una mayor degradación de la fibra y a una reducción en el contenido porcentual de FDA de una manera más significativa, coincidiendo con la investigación de (Ramírez y López 2002) quien concluye que niveles de fibra detergente ácido altos superior a 40% ocasiona niveles de baja calidad en el ensilado de pasto *Cenchrus purpureus* cv Camerún reflejándose en la baja digestibilidad en los rumiantes.

Figura 7: Se presenta la comparación de medias para la variable porcentaje de Lignina.

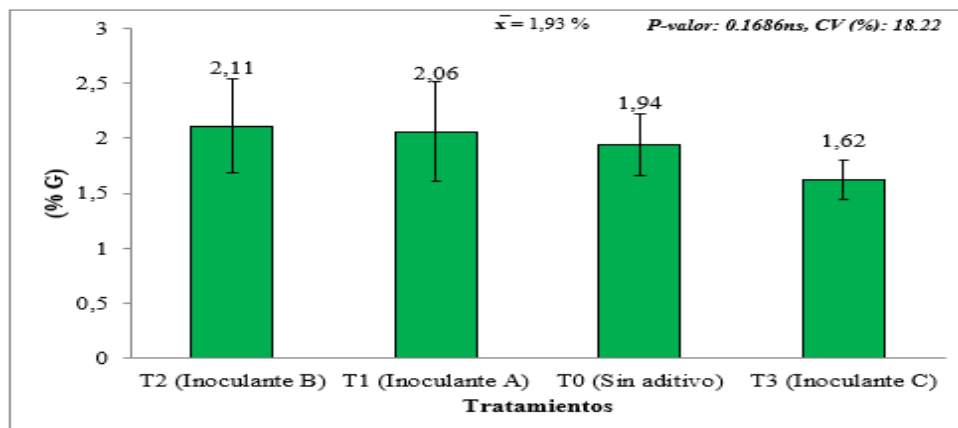


ns: sin diferencias estadísticas significativas, C.V: coeficiente de variación, \bar{x} : promedio.

Los resultados para la variable porcentaje de Lignina no presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos debido a que el p-valor fue superior a 0,05. Los coeficientes de varianza reportan datos homogéneos. Si bien no hubo diferencias estadísticas se puede observar que el T3 (Inoculante C) tuvo una tendencia a elevar el porcentaje de Lignina en comparación a los otros inoculantes.

Siendo un aspecto no muy deseado en el silaje ya que cuando aumenta el porcentaje de Lignina el contenido nutricional del ensilaje disminuye, esto ocurrió debido a la composición del Inoculante C ya que posee microorganismos que no actúan sobre la degradación de componentes fibrosos como la lignina que compone la pared celular, coincidiendo con la investigación realizada por (Castro et al. 2006) ya que tampoco encontraron diferencias estadísticamente significativas para el contenido de lignina entre tratamientos luego de un periodo de fermentación de 32 días de ensilados de pasto Tifton 85 (*Cynodon spp*) con y sin la aplicación de aditivos enzimo-bacterianos y ácido propiónico buffer.

Figura 8: Se presenta la comparación de medias para la variable porcentaje de Grasa.

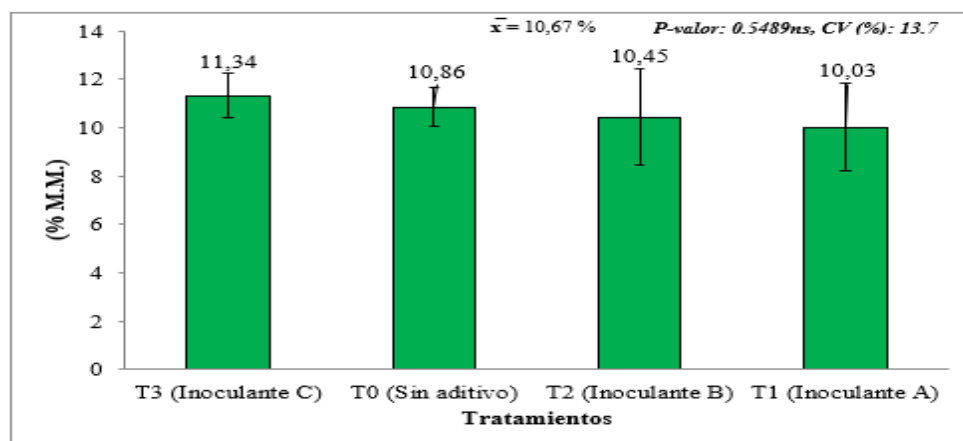


ns: sin diferencias estadísticas significativas, C.V: coeficiente de variación, \bar{x} : promedio.

Los resultados para la variable porcentaje de Grasa no presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos debido a que el p-valor fue superior a 0,05. Los coeficientes de varianza reportan datos homogéneos. Si bien no hubo diferencias estadísticas se puede observar que el T2 (Inoculante B) tuvo una tendencia a elevar el porcentaje de Grasa en comparación a los otros inoculantes.

El aumento del porcentaje de Grasa es un aspecto que favorece al silaje ya que puede influir en la energía disponible y en la calidad nutricional del alimento. Esto ocurrió debido a la composición del Inoculante B, ya que posee microorganismos que tienen un impacto más significativo actuando sobre la celulosa y la hemicelulosa al producir enzimas como la celulolíticas y la hemicelulolíticas, contribuyendo a la degradación de la fibra disponibilizando el contenido porcentual de Grasa en el ensilado, coincidiendo con la investigación realizada por (Apráz et al. 2012) quienes obtuvieron valores promedio de 2% en el ensilaje de Avena Sativa con utilización de aditivos a base de bacterias ácido lácticas en la variable porcentaje de Grasa.

Figura 9: Se presenta la comparación de medias para la variable porcentaje de Material Mineral.



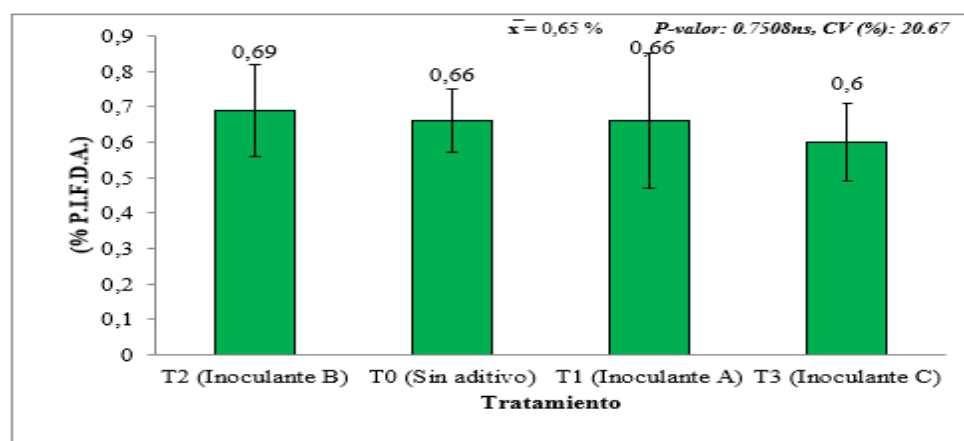
ns: sin diferencias estadísticas significativas, C.V: coeficiente de variación, \bar{x} : promedio.

Los resultados para la variable porcentaje de Material Mineral no presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos debido a que el p-valor fue superior a 0,05. Los coeficientes de varianza reportan datos homogéneos. Si bien no hubo diferencias estadísticas se puede observar que el T3 (Inoculante C) tuvo una tendencia a elevar el porcentaje de Material Mineral en comparación a los otros inoculantes.

El porcentaje de Material Mineral es un aspecto relevante en la alimentación animal, ya que puede influir en la disponibilidad de nutrientes y en la salud del ganado. El T3 (Inoculante C) tuvo una tendencia a elevar el porcentaje de Material Mineral, esto ocurrió debido a su composición, ya que posee minerales que controlan la proliferación de bacterias no deseadas, mejorando las condiciones de fermentación, contribuyendo a una mejor retención de minerales, siendo así el efecto directo en la concentración porcentual de minerales en el ensilado, coincidiendo con el resultado obtenido por (Pineda et al. 2016) quien obtuvo 10,24% de material mineral en el ensilado de estrella africana (*Cynodon nlemfluentis*), mezclado con su correspondiente nivel de aditivo.

El resultado obtenido en la investigación fue superior a la investigación realizado por (Villa et al. 2010) quienes obtuvieron 7,09% de porcentaje de material mineral en ensilajes de maíz según su evaluación microbiológica y de calidad nutricional. En la investigación realizada por (Hoffman 2005) señaló que el contenido porcentual de material mineral en ensilados de pastos y leguminosas debe variar alrededor del 9,0% coincidiendo con los resultados obtenido en esta investigación.

Figura 10: Se presenta la comparación de medias para la variable porcentaje de Proteína Insoluble en FDA.



ns: sin diferencias estadísticas significativas, C.V: coeficiente de variación, \bar{x} : promedio.

Los resultados para la variable porcentaje de proteína insoluble en fibra

detergente ácida (PIFDA) no presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos debido a que el p-valor fue superior a 0,05. Los coeficientes de varianza reportan datos homogéneos. Si bien no hubo diferencias estadísticas se puede observar que el T2 (Inoculante B) tuvo una tendencia a elevar el porcentaje de PIFDA en comparación a los otros inoculantes.

El aumento del porcentaje de PIFDA es un aspecto que no favorece a la calidad ya que es la fracción de la proteína que determina la parte menos accesible para la digestión y absorción por parte de los rumiantes, ya que se considera la fracción más estructural y menos soluble, lo que indica la presencia de proteínas de baja calidad.

El Inoculante B fue el que presentó ligeramente niveles más alto de PIFDA, esto se deduce que ocurrió debido a su composición ya que posee microorganismos que degradan la fibra vegetal, disponibilizando de esa manera la Proteína Bruta para el análisis en detergente ácido, generando así el aumento de los valores porcentuales de PIFDA en el ensilado, coincidiendo en que no hubo efecto estadísticamente significativo en la utilización de aditivos con la investigación de (Zegarra 2020) donde el porcentaje de proteína insoluble en detergente ácido en ensilaje de *Moringa oleífera* fresca y desecada, con y sin melaza fue en un rango de (2,9% a 4,1%), siendo este resultado superior se puede entender que es debido a varios factores tales como la etapa fenológica de cosecha del cultivo para elaborarse el ensilado, el tratamiento del cultivo precosecha y los procedimientos en la elaboración del ensilado.

3. Conclusiones

Según los resultados obtenidos y en las condiciones en la que se realizó la investigación; se pudo llegar a las siguientes conclusiones:

De acuerdo a la variable nivel de pH que se relaciona con la capacidad fermentativa no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los distintos tratamientos aplicados. Para la variable %M.S. no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los distintos tratamientos aplicados, sin embargo, el T1 Inoculante A tuvo una tendencia a reducir el %M.S., debido a la solubilidad causada por el descenso del pH en el silaje. En las variables de las características bromatológicas no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los distintos tratamientos aplicados.

En relación a las conclusiones que fueron obtenidas se sugiere aumentar el tiempo de conservación del ensilado, considerar la utilización de aditivos que agreguen mayor calidad bromatológica al ensilado, y realizar el análisis laboratorial de las características bromatológicas incluir algunos datos como el porcentaje de Nutrientes Digestibles Totales (NDT) que representan la cantidad total de nutrientes en un forraje que son digestibles por el animal, y su medición permite evaluar qué tan eficiente será ese ensilaje en proporcionar energía y nutrientes al ganado.

Referencias

Abdul, N.; Abd, M. R.; Mahawi, N.; Hasnudin, H.; Al-Obaidi, J. R., & Abdullah, N. (2017). Determinación del uso de *Lactobacillus plantarum* y *Propionibacterium freudenreichii* en el perfil de fermentación y composición química del ensilaje de maíz. *BioMed Research International*. Malasia 1-8. <https://doi.org/10.1155/2017/2038062>

Apráez-Guerrero., J. E., Insuasty-Santacruz., E. G., Portilla-Melo, J. E., & Hernández-Vallejo, W. A. (2012). Composición nutritiva y aceptabilidad del ensilaje de avena forrajera (*Avena sativa*), enriquecido con arbustivas: acacia (*Acacia decurrens*), chilca (*Braccharis latifolia*) y sauco (*Sambucus nigra*) en ovinos. *vet.zootec. Argentina*. https://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/154-mandamientos.pdf

Bemhana, M. (2000). Pasto elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) INIA LAMBARÉ (en línea). Montevideo, Uruguay. ISBN: 9974-38-112-6. Boletín n°72. 19 p. <http://inia.uy/en/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807160841.pdf>

Borreani, G.; Tabacco, E.; Schmidt, RJ, Holmes, BJ, Muck RE (2018). Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. USA. *Journal of Dairy Science*. Pág: 3952-3979. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2011/fac266u/doc/fac266u.pdf>

Cardona, J., (2020). Alternativa de alimentación y nutrición de bovinos para tiempos de escasez de pasturas. Ing. Zootecnista e investigador. Centro de Investigación Obonuco de AGROSAVIA. Obonuco, Colombia. <https://agronet.gov.co/Noticias/Paginas/AGROSAVIA-presenta-alternativa-de-alimentaci%C3%B3n-y-nutrici%C3%B3n-de-bovinos-para-tiempos-de-escasez-de-pasturas>

Castro, F.G.F., Nussio L.G., Maluf C., Campos F.P.D., Coelho R.M., Mari L.J., Toledo P.D.A. (2006). Características de fermentação e composição químico-bromatológica de silagens de capim-Tifton 85 confeccionadas com cinco teores de matéria seca. *Rev bras zootec*. Pág:7-20

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. *Espamciencia*, Pág 15-19.

Freitas, A. W., Pereira, J. C., Rocha, F. C., Costa, M. G., Leonel, F. de P., Ribeiro, M. D. (2006). Avaliação da qualidade nutricional da silagem de cana-de-açúcar com

aditivos microbianos e enriquecida com resíduo da colheita de soja. Revista Brasileira de Zootecnia. <https://www.scielo.br/j/rbz/a/HpY8XzknfMt3rXxLppLzcKC/?format=pdf&ang=pt>

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. Pág 98-120.

Hoffman, P.C. (2005). Ash content of forages. Focus on Forage. USA. Pág 7(1):1-2.

Michelena, f.B., Senra, A., Fraga, C. (2002). Efecto de la aplicación de ácido fórmico, propiónico y del presecado en el valor nutritivo del ensilaje de King grass (*Pennisetum purpureum*). Revista Cubana de Ciencia Agrícola. Pág: 241.

O'Kiely, P., Clancy M., Doyle, E. (2001). Aerobic stability of grass silage mixed with a range of concentrate feedstuffs at feed-out. In: International grassland congress. São PedroSP. Brasil. Piracicaba- FEALQ. Pág: 794- 795.

Pineda, L., Chacón, P., Boschini, C. (2016). Evaluación de la calidad del ensilado de pasto estrella africana (*cynodon nlemfluensis*) mezclado con tres diferentes aditivos. Agronomía Costarricense 40(1): 11-27. ISSN:0377-9424. <http://www.redalyc.org/comocitar.ou?id=43646210001>

Ramírez, R., López, F. (2002). Factores estructurales de la pared celular del forraje que afectan su digestibilidad. Cienc. Perú. UANL. Pág: 80-189. <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/4329/BC-TES-TMP-3149.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Saavedra Montañez, G., Borrás Sandoval, L. M., y Cala Guerrero, D. (2020). Ensilaje líquido de residuos de durazno (*Prunus pérsica*) como alternativa en alimentación animal. Ciencia en Desarrollo, 11(1), 33-42. <https://doi.org/10.19053/01217488.v11.n1.2020.8960>.

Sánchez, L. (2000). Alternativas de utilización de ensilajes en explotaciones leüejas de trópico alto. Carta Fedegan. Bogotá. <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/importancia-energia-dieta-rumiantes-t42115.htm>

Silveira, L. de P., Santos, T. M. da C. (2017). Silagem de cana-de-açúcar acrescida com aditivos químicos e inoculante bacteriano. Brasil. Pubvet, 11(5), 519-526. <https://doi.org/10.22256/pubvet.v11n5.519-526>

Suárez, R., Mejía, J., González, M., García, D., Perdomo, D. (2011). Evaluación de ensilajes mixtos de *Saccharum officinarum* y *Gliricidia sepium* con la utilización de

aditivos. Pastos y Forrajes. Pág 69-86.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942011000100006

Villa, A.F.; Meléndez, A.P.; Carulla, J.E.; Pabón, M.L.; Cárdenas, E.A. 2010. Estudio microbiológico y calidad nutricional del ensilaje de maíz en dos ecorregiones de Colombia. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. Pág:65-77.

Weinberg Z. W., Chen Y. (2013). Effects of storage period on the composition of whole crop wheat and corn silages. Animal Feed Science and Technology Pág: 196-200.

Zegarra, J. (2020). Efecto del porcentaje de materia seca y la adición de melaza sobre la calidad nutricional y fermentativa de ensilaje de moringa (moringa oleífera) fundo la banda huasacache Arequipa-Perú. Pag:79. Disponible en: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/items/bc54be06-ff57-4d7b-bc34-4df742b3b2ed>.

Anexos

Contribución de los autores

Eduardo Espínola: realizó el trabajo de campo, la aplicación del diseño del estudio, la aplicación de tratamiento, la recolección de datos, aspectos técnicos del trabajo, interpretación de resultados y redacción del artículo. Jorge Caballero: interpretación de resultados y redacción del artículo, Javier Villalba: aspectos técnicos del trabajo, y redacción del artículo. Osvaldo Sánchez: contribuyó en el análisis estadístico, y en la revisión crítica del contenido. Verónica Silva: contribuyó en la redacción y la edición final del artículo.

Agradecimientos

"Los autores agradecen a la Facultad Ciencias de la Producción - Universidad Nacional de Caaguazú. *Por proporcionar la parcela de Cenchrus purpureus cv Camerún morado, herramientas e insumos que se utilizaron en la investigación y por albergar al silo en uno de sus galpones. Y a la empresa GRANUSA (Granos y Nutrición Sociedad Anónima). Por abrir las puertas para la realización de los análisis bromatológicos en las instalaciones de su laboratorio.*"

Financiamiento

"La investigación se realizó sin financiamiento."

Conflicto de intereses

"Los autores no presentan conflicto de interés con ninguna institución o entidad relacionada con el contenido del manuscrito."

Correspondencia

eduardo.espinola@fcpunk.edu.py

Trayectoria académica de los autores

Eduardo Espínola Correa es Magister en Producción Animal y Manejo del Forraje, Especialista en Metodologías y Técnicas de la Investigación, Ingeniero Zootecnista por la Universidad Nacional de Caaguazú. Se desempeña como docente en la Facultad Ciencias de la Producción de la Universidad Nacional de Caaguazú.

Jorge Caballero Mascheroni es Magíster en Ciencias Animales y Pasturas por la Escuela Superior de Agricultura Luiz Queiroz (Brasil), Ingeniero Agrónomo por la Universidad Nacional de Asunción. Se desempeña como Docente Investigador en la Facultad Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción.

Carlos Villalba Martínez es Doctorado en Gestión Ambiental por la Universidad Nacional de Itapúa, Doctorado en Ciencias Agrícolas y Medioambientales por la Universidad Santiago de Compostela (España), Maestría en Edafología - Fertilidad de suelos y Nutrición vegetal por el Colegio de Postgraduados (México), Especialista en Metodologías y Técnicas de la Investigación por Facultad Ciencias de la Producción de la Universidad Nacional de Caaguazú, Ingeniero Agrónomo por la Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción. Se desempeña como docente en la Facultad Ciencias de la Producción de la Universidad Nacional de Caaguazú.

Oswaldo Sánchez Holt es Magister en Sistemas Pecuarios por la Universidad Nacional de Asunción, Especialista en Metodologías y Técnicas de la Investigación, Ingeniero Zootecnista por la Universidad Nacional de Caaguazú e Ingeniero Agrónomo por la Universidad San Carlos. Se desempeña como docente en la Facultad Ciencias de la Producción de la Universidad Nacional de Caaguazú.

Verónica Silva es Especialista en Metodología Investigación Científica y Medica Veterinaria por la Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción. Se desempeña como docente en la Facultad Ciencias de la Producción de la Universidad Nacional de Caaguazú.