

Efecto de la inclusión de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca* L.) en la calidad nutricional y fermentativa del ensilaje de maíz forrajero (*Zea mays* L.)

Efeito da inclusão de casca de banana (*Musa paradisiaca* L.) na qualidade nutricional e fermentativa da silagem de milho forrageiro (*Zea mays* L.)

Effect of adding banana peel (*Musa paradisiaca* L.) on the nutritional and fermentative quality of forage corn silage (*Zea mays* L.)

Espinoza-Guerra, Italo Fernando
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
iespinoza@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-2975-3087>



Cedeño-Moreira, Ángel Virgilio
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
acedenom@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-6564-5569>



Muñoz-Rodríguez, Jorge Geovanny
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
jmunoz@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0004-6134-5376>



Conrado-Palma, Diego Javier
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
dconradop@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-1917-0814>



Guevara-Arevalo, Denise Dayana
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
denise.guevara2016@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0009-7087-9122>



DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v7/n1/1479>

Como citar:

Espinoza-Guerra, I. F., Cedeño-Moreira, Ángel V., Muñoz-Rodríguez, J. G., Conrado-Palma, D. J., & Guevara-Arevalo, D. D. (2026). Efecto de la inclusión de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca* L.) en la calidad nutricional y fermentativa del ensilaje de maíz forrajero (*Zea mays* L.). *Código Científico Revista De Investigación*, 7(1), 549–562.

Recibido: 18/05/2026

Aceptado: 05/06/2026

Publicado: 30/06/2026

Resumen

El estudio tuvo como objetivo determinar la composición química del ensilaje de maíz forrajero (*Zea mays* L.) con niveles crecientes de inclusión de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca* L.). Se empleó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y cinco repeticiones. La investigación se desarrolló en el Laboratorio de Rumiología del campus La María de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Se evaluaron variables químicas como materia seca (MS), proteína cruda (PC), materia orgánica (MO), materia inorgánica (MI), grasa (GR), fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA). Los resultados evidenciaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en la MS, destacando T4 (44,30%) y T3 (38,59%), mientras que T5 presentó el menor valor. La MI no mostró diferencias, con un promedio de 9,19%, y la MO se mantuvo estable entre tratamientos. La FDN tampoco presentó variaciones significativas, mientras que la FDA disminuyó progresivamente con la inclusión de cáscara de plátano, registrando T5 el menor valor (17,77%) y T1 el mayor (35,64%). La PC presentó diferencias significativas, destacando T4 (6,19%), mientras que en grasa el mayor valor se observó en T5 (1,42%). En conclusión, la cáscara de plátano modifica la composición del ensilaje y representa una alternativa nutricional viable.

Palabras clave: composición química, ensilaje, cáscara de plátano, maíz, propiedades químicas, tratamientos.

Abstract

The study aimed to determine the chemical composition of forage maize (*Zea mays* L.) silage with increasing levels of banana peel (*Musa paradisiaca* L.) inclusion. A completely randomized design was used with five treatments and five replicates. The research was conducted at the Ruminology Laboratory of the La María campus of the Technical State University of Quevedo. Chemical variables evaluated included dry matter (DM), crude protein (CP), organic matter (OM), inorganic matter (IM), fat (EE), neutral detergent fiber (NDF), and acid detergent fiber (ADF). The results showed significant differences ($p < 0.05$) in DM, with T4 (44.30%) and T3 (38.59%) presenting the highest values, while T5 showed the lowest. IM did not show significant differences, with an average of 9.19%, and OM remained stable across treatments. NDF also showed no significant variation, whereas ADF decreased progressively with increasing banana peel inclusion, with T5 recording the lowest value (17.77%) and T1 the highest (35.64%). CP showed significant differences, with T4 (6.19%) being the highest, while fat content was greatest in T5 (1.42%). In conclusion, banana peel modifies silage composition and represents a viable nutritional alternative.

Keywords: chemical composition, silage, banana peel, maize, chemical properties, treatments.

Resumo

O estudo teve como objetivo determinar a composição química da silagem de milho forrageiro (*Zea mays* L.) com níveis crescentes de inclusão de casca de banana (*Musa paradisiaca* L.). Foi utilizado um delineamento completamente aleatório com cinco tratamentos e cinco repetições. A investigação foi realizada no Laboratório de Ruminologia do campus La María da Universidade Técnica Estadual de Quevedo. As variáveis químicas avaliadas incluíram matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria orgânica (MO), matéria inorgânica (MI), gordura (GE), fibra de detergente neutro (FDN) e fibra de detergente ácido (FDA). Os resultados revelaram diferenças significativas ($p < 0,05$) na MS, com o T4 (44,30%) e o T3 (38,59%) a apresentarem os valores mais elevados, enquanto o T5 apresentou o valor mais baixo. A MI não apresentou diferenças significativas, com uma média de 9,19%, e a MO manteve-se estável entre os

tratamientos. A NDF também não apresentou variação significativa, enquanto a ADF diminuiu progressivamente com o aumento da inclusão de casca de banana, com o T5 a registrar o valor mais baixo (17,77%) e o T1 o mais alto (35,64%). A PC apresentou diferenças significativas, com o T4 (6,19%) a ser o mais elevado, enquanto o teor de gordura foi maior no T5 (1,42%). Em conclusão, a casca de banana modifica a composição da silagem e representa uma alternativa nutricional viável.

Palavras-chave: composição química, silagem, casca de banana, milho, propriedades químicas, tratamentos.

Introducción

El ensilaje de maíz forrajero (*Zea mays* L.) continúa siendo una estrategia fundamental para garantizar la disponibilidad de forraje de calidad durante todo el año en sistemas ganaderos, especialmente en zonas con variabilidad estacional marcada. En este contexto, la exploración de coadyuvantes alimentarios derivados de subproductos agroindustriales ha ganado relevancia por su potencial para optimizar tanto la calidad nutricional como la fermentativa del silo. (Espinoza et al., 2017) destaca que residuos de frutas y vegetales pueden aportar azúcares fermentables y fibra, factores que modulan la fase inicial de la fermentación y la dinámica del pH, influyendo en la estabilidad del producto final. Este enfoque se alinea con principios de economía circular y sostenibilidad, al tiempo que busca mejorar la disponibilidad de insumos forrajeros en sistemas de producción ganadera (Espinoza, 2021).

Entre las candidatas más atractivas se encuentra la cáscara de plátano (*Musa paradisiaca* L.), subproducto con una composición que combina fibra y carbohidratos solubles, además de ser relativamente abundante en muchas regiones productoras de plátano. (Montenegro 2018) señala que la cáscara de plátano contiene fracciones fibrosas que pueden servir como sustrato para microorganismos lácticos durante la fase inicial de fermentación, favoreciendo la producción de ácido láctico y contribuyendo a una reducción rápida del pH. En este marco, la inclusión de cáscara de plátano podría modular la fermentación, disminuir pérdidas de materia seca debidas a fermentaciones indeseables y, a la vez, aportar componentes nutricionales que complementen el perfil del ensilaje de maíz.

No obstante, la literatura también advierte sobre posibles efectos adversos asociados al alto contenido de humedad y a la presencia de polifenoles en la cáscara de plátano, los cuales, si no se gestionan adecuadamente, podrían alterar la fermentación y la aceptabilidad ruminal. (Barrera et al. 2017; Sánchez 2019) señalan que la calidad fermentativa del ensilaje depende de la relación entre la oferta de azúcares fermentables, la humedad inicial y la capacidad tampón de la matriz ensilada; estos factores pueden modularse mediante el uso estratégico de subproductos y un manejo apropiado de la fase de ensilado. Por su parte, la literatura clásica de fermentación de silajes sostiene que la fermentación láctica bien controlada favorece la conservación de la proteína y minimiza pérdidas por degradación; (McDonald, Henderson y Heron 1991) documentan previamente que la fermentación láctica temprana y la reducción rápida del pH son determinantes para la estabilidad del ensilaje y la digestibilidad futura.

El maíz forrajero aporta un sustrato base con buena digestibilidad y un alto potencial para generar ácido láctico cuando se optimizan la relación seca-humedad y la densidad de compactación. En este sentido, la cáscara de plátano podría enriquecer el perfil fermentativo y nutricional del ensilaje; a través de su aporte de fibra y azúcares fermentables, podría favorecer una mejor disponibilidad de energía soluble, un balance nitrogenado más estable y una menor propensión a pérdidas proteicas asociadas a fermentaciones desbalanceadas. En términos de impactos prácticos, se espera que la inclusión de este subproducto modifique positivamente la calidad del ensilaje, reduciendo la generación de ácidos volátiles indeseables y mejorando la estabilidad del silo durante el almacenamiento, con posibles beneficios sobre la digestibilidad y la conversión alimenticia en rumiantes (Espinoza et al., 2021 , año; Montenegro et al. 2018; Barrera et al. , año; Sánchez et al., 2019, año; McDonald, Henderson, & Heron, 1991).

El objetivo de este trabajo es evaluar, en un diseño experimental, el efecto de la inclusión de cáscara de plátano en diferentes niveles sobre la calidad nutricional y fermentativa del ensilaje de maíz forrajero. Se plantea analizar variables como composición química

(proteína bruta, fibra, energía) y parámetros fermentativos (pH, ácido láctico, ácido acético, ácido butírico, amonio nitrogenado) para determinar si este subproducto puede constituir una estrategia viable y sostenible para optimizar la calidad del ensilaje, integrando la evidencia citada por (Espinoza et al., 2017, Montenegro et al., 2018, Barrera 2021 y Sánchez et al. 2019), junto con fundamentos clásicos de la fermentación de silajes (McDonald, Henderson, & Heron, 1991).

Metodología

Descripción de área de estudio

El estudio se desarrolló en el Laboratorio de Rumiología del campus “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), ubicado en el km 7 de la vía Quevedo–El Empalme, recinto San Felipe, cantón Mocache, provincia de Los Ríos, Ecuador. El área se localiza aproximadamente a 01°06’ S y 79°29’ O, con altitud de 120 m s. n. m. Presenta clima cálido-húmedo, con temperatura media anual de 24,9 °C, humedad relativa cercana al 82% y precipitación anual alrededor de 2061 mm. La heliofanía promedio es de 728,6 horas luz/año y la zona ecológica corresponde a Bosque Húmedo Tropical (Bh-T). Estas condiciones favorecen el crecimiento continuo de forrajes y la disponibilidad de subproductos agrícolas para su evaluación en ensilaje. Los microsilos se mantuvieron a temperatura ambiente, en depósito con iluminación natural (12 h luz/12 h oscuridad) y sin sol directo.

Origen y recolección del material vegetal

La cáscara de plátano (*Musa paradisiaca* L.) se recolectó en el mercado del cantón Quevedo, seleccionando cáscaras frescas y descartando aquellas con signos visibles de descomposición. Antes del procesamiento, se retiraron impurezas (tierra, restos plásticos u otros materiales extraños) para reducir el riesgo de contaminación del ensilaje. El forraje de maíz (*Zea mays* L.) se obtuvo de parcelas experimentales del campus “La María” de la UTEQ,

realizando el corte a los 60 días y seleccionando plantas uniformes y representativas, con el fin de disminuir la variación del material a ensilar. Preparación previa al ensilaje: Ambos materiales se transportaron al área de trabajo y se picaron con una picadora de pastos marca TRAPP, modelo TRF 80G, hasta obtener un tamaño de partícula entre 0,5 y 1 cm, facilitando la compactación y la generación de condiciones anaeróbicas. Luego, se homogeneizaron y pesaron según cada tratamiento (proporciones maíz/cáscara), preparando 3 kg de mezcla por microsilo antes del llenado, compactado y sellado.

Diseño experimental empleado

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con cinco tratamientos y cinco repeticiones por tratamiento, para un total de 25 unidades experimentales (microsilos). Los tratamientos consistieron en diferentes proporciones de forraje de maíz y cáscara de plátano: T1 (100% maíz, testigo), T2 (75% maíz + 25% cáscara), T3 (50% + 50%), T4 (25% + 75%) y T5 (100% cáscara). Los ensilajes se almacenaron durante 35 días y los datos se analizaron mediante ANOVA y prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

Composición química del ensilaje (maíz + cáscara de plátano)

La composición química del ensilaje (maíz + cáscara de plátano) se determinó en el laboratorio de Bromatología de la UTEQ siguiendo metodologías de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2019). Previamente, las muestras fueron homogenizadas y secadas para garantizar representatividad. La materia seca (MS) se obtuvo mediante secado en estufa a 105 °C hasta peso constante. La materia inorgánica (cenizas) se determinó por incineración en mufla a 550 °C. La proteína bruta (PB) se cuantificó mediante el método Kjeldahl, calculando el nitrógeno total y multiplicándolo por el factor 6,25. La grasa bruta (GB) se determinó mediante extracción Soxhlet con éter de petróleo. Todos los análisis se realizaron por duplicado en cinco repeticiones por tratamiento para asegurar precisión y confiabilidad en los resultados obtenidos.

Fracciones de fibras del ensilaje (maíz + cáscara de plátano)

La determinación de las fracciones de fibra, fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA), se realizó con el analizador de fibra (ANKOM 2000) siguiendo las recomendaciones de (ANKOM Technology 2017). El análisis de FDN consistió en la digestión de la muestra con detergente neutro (pH 7), que elimina los componentes celulares y deja como residuo la pared celular formada por hemicelulosa, celulosa y lignina. Posteriormente, para determinar la FDA, el residuo de FDN se digirió con detergente ácido, que solubiliza la hemicelulosa, dejando celulosa y lignina. Los residuos se secaron, pesaron y expresaron en porcentaje. Todos los análisis se realizaron por duplicado en cinco repeticiones para garantizar precisión y reproducibilidad.

Análisis estadísticos

Los datos de composición química (MS, MI, PB, GB, FDN y FDA) se analizaron mediante ANOVA utilizando el software InfoStat (2008) para evaluar el efecto de los tratamientos (residuos agroindustriales). Posteriormente, se aplicó la prueba de Tukey con un nivel de significancia de $P \leq 0.05$ para comparar medias y determinar diferencias estadísticas entre los tratamientos.

Resultados

La inclusión de cáscara de plátano en el ensilaje de maíz forrajero evidenció efectos diferenciados sobre la fracción de materia seca parcial (MSP), registrándose diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$). Los valores obtenidos (T1: 37,14%; T2: 38,06%; T3: 38,59%; T4: 44,30%; T5: 33,34%) reflejan un comportamiento no lineal, donde T4 alcanzó la mayor concentración y T5 la menor. Este patrón sugiere que existe un rango óptimo de inclusión en el que la relación maíz-cáscara favorece la retención de sólidos tras el proceso de fermentación, probablemente debido a una mejor interacción entre los componentes

estructurales y el contenido de humedad. En contraste, el menor valor de T5 podría explicarse por una mayor humedad inicial del material ensilado, lo que limitaría la concentración de materia seca en la fracción parcial. Sin embargo, la materia seca total (MST) no mostró diferencias significativas ($p > 0,05$), con valores entre 96,93% y 98,13%, lo que indica que, al eliminar completamente el agua, la proporción de sólidos permanece estable entre tratamientos. Este resultado confirma que las variaciones observadas en MSP están más asociadas a la dinámica de retención de agua durante el ensilaje que a cambios reales en la cantidad de materia seca total, evidenciando que la cáscara de plátano influye principalmente en la humedad del sistema y no en la composición absoluta de sólidos.

En cuanto a la composición química proximal, los contenidos de materia inorgánica (MI: 8,80–9,44%) y materia orgánica (MO: 90,56–91,20%) no presentaron diferencias estadísticas ($p > 0,05$), lo que sugiere que la sustitución parcial del maíz por cáscara de plátano no altera significativamente el balance mineral ni la proporción global de compuestos orgánicos. Este comportamiento es relevante desde el punto de vista nutricional, ya que indica estabilidad en el aporte de cenizas y en la fracción energética potencial del ensilaje. De manera similar, la fibra detergente neutro (FDN) osciló entre 55,26% y 63,91% sin diferencias significativas ($p > 0,05$), lo que evidencia que la estructura de la pared celular total se mantiene relativamente constante entre tratamientos. Esto sugiere que la inclusión de cáscara no modifica sustancialmente la fracción fibrosa total responsable del llenado ruminal y la regulación del consumo. No obstante, la fibra detergente ácido (FDA) mostró una reducción progresiva y significativa ($p \leq 0,05$) conforme aumentó la inclusión de cáscara (T1: 35,64% hasta T5: 17,77%), indicando una disminución en los componentes más lignificados de la pared celular, particularmente celulosa ligada a lignina. Este hallazgo es clave, ya que una menor FDA se asocia generalmente con un mayor potencial de digestibilidad, lo que podría traducirse en una mejor eficiencia de utilización del alimento por parte de los rumiantes.

Por otra parte, el contenido de proteína bruta (PB) presentó diferencias significativas ($p \leq 0,05$), con un incremento desde 4,69% en T1 hasta un máximo de 6,19% en T4, seguido de una ligera disminución en T5 (5,53%). Este comportamiento sugiere que niveles moderados de inclusión de cáscara de plátano pueden mejorar el contenido proteico del ensilaje, posiblemente debido a la contribución de compuestos nitrogenados presentes en este subproducto. Sin embargo, niveles más altos podrían generar dilución o efectos asociados a la humedad y fermentación que limitan dicho incremento. En cuanto al extracto etéreo o grasa (GR), se observó un aumento progresivo ($p \leq 0,05$), alcanzando su valor máximo en T5 (1,42%), lo que indica un ligero aporte lipídico adicional con mayores niveles de inclusión. Aunque este incremento es modesto, puede tener implicaciones en la densidad energética del ensilaje. En conjunto, los resultados demuestran que la inclusión de cáscara de plátano modifica de manera relevante variables clave como MSP, PB y FDA, mientras mantiene estables MI, MO y FDN. Esto evidencia su potencial como ingrediente alternativo en la formulación de ensilajes, destacando la importancia de ajustar adecuadamente las proporciones de inclusión para optimizar la calidad nutricional, favorecer la digestibilidad y garantizar condiciones adecuadas de fermentación.

Tabla 1

“Composición química de ensilaje de maíz forrajero (*Zea mays* L.) Con niveles de inclusión de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca* L.) en el laboratorio Rumiología en el campus “La María”, de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Variables	Tratamiento					CV%	EE	P<
	T1	T2	T3	T4	T5			
MSP	37,14 b	38,06 b	38,59 ab	44,30 a	33,34 b	7,93	1,36	0,0004
MST	98,13 a	97,49 a	97,62 a	96,93 a	97,34 a	0,79	0,34	0,2083
MI	8,80 a	9,20 a	9,33 a	9,44 a	9,19 a	8,69	0,36	0,7593
MO	91,20 a	90,80 a	90,67 a	90,56 a	90,81 a	0,88	0,36	0,7593
PB	4,69 d	5,15 cd	5,79 ab	6,19 a	5,53 bc	3,44	0,11	<0,0001
GR	1,05 a	1,05 a	1,17 a	1,21 a	1,42 b	6,35	0,43	0,0007
FDN	60,40 a	55,26 a	61,43 a	63,91 a	57,26 a	17,91	4,77	0,7182
FDA	35,64 d	32,72 d	27,02 c	22,70 b	17,77 a	7,30	0,89	<0,0001

Nota: (Autores, 2026).

EEM: Error estándar de la media; CV%: Coeficiente de variación; $P \leq 0,05$). Probabilidad de error. Los promedios con letras diferentes presentan diferencia estadística

significativas según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). maíz y cáscara de plátano, materia seca total (MST), materia inorgánica (MI), materia orgánica (MO), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente acida (FDA), proteína(PC), grasa(GR).

Discusión

Los resultados obtenidos evidencian que la materia seca parcial (MSP) es particularmente sensible a la proporción maíz-cáscara de plátano, confirmando que la formulación del sustrato desempeña un papel determinante en la dinámica de retención de agua durante el proceso de ensilaje. El valor superior observado en T4 respalda la hipótesis de que existe una combinación óptima que favorece la reducción de pérdidas por efluentes y mejora la conservación de sólidos, lo cual coincide con lo planteado en la literatura, donde se señala que el equilibrio entre humedad y capacidad de absorción del material es clave para optimizar la calidad del ensilaje (McDonald et al., 1991). En contraste, valores más bajos de MSP, como los registrados en T5, podrían atribuirse a un exceso de humedad inicial, lo que limita la concentración de sólidos retenidos. Este comportamiento también ha sido reportado en estudios con subproductos frutales, donde materiales con alta humedad reducen la MSP, destacando la importancia del tipo de residuo y su composición físico-química (Espinoza et al., 2017; Barrera et al., 2017). Por otro lado, la estabilidad observada en la materia seca total (MST) entre tratamientos concuerda con reportes que indican que la evaluación en base seca elimina el efecto de la variabilidad hídrica, permitiendo observar que la proporción real de sólidos no cambia significativamente (Dormond et al., 2011; López et al., 2016). En este sentido, se confirma que las diferencias en MSP responden principalmente a la retención de agua y no a modificaciones en la cantidad total de materia seca.

En relación con la composición química, la estabilidad de la materia inorgánica (MI) y la materia orgánica (MO) sugiere que la inclusión de cáscara de plátano no altera de manera

significativa el balance mineral ni la proporción global de compuestos orgánicos del ensilaje. Este resultado es consistente con lo reportado en estudios clásicos de nutrición de rumiantes, donde se indica que las cenizas y la MO tienden a mantenerse relativamente constantes aun cuando se modifiquen ciertos componentes de la dieta (Berndt, 2002; McDonald et al., 1991). Desde una perspectiva nutricional, esta estabilidad es relevante, ya que garantiza que la sustitución parcial del maíz no compromete el aporte mineral ni la base energética del alimento. En cuanto a la proteína bruta (PB), el incremento observado, especialmente en T4 (6,19%), sugiere que la cáscara de plátano contribuye con una fracción nitrogenada adicional, lo cual coincide con lo descrito sobre el potencial de los subproductos frutales como fuentes alternativas de nutrientes en la alimentación de rumiantes (Montenegro et al., 2018). No obstante, los niveles alcanzados siguen siendo moderados, por lo que, en sistemas productivos de mayor exigencia, podría ser necesaria la suplementación con fuentes proteicas adicionales (McDonald et al., 1991; Muck et al., 2018). En lo referente al contenido de grasa (GR), el aumento observado en T5 (1,42%) indica un aporte lipídico ligeramente superior con mayores niveles de inclusión de cáscara; sin embargo, estos valores permanecen dentro de rangos adecuados para ensilajes, sin representar riesgos significativos para la fermentación o la estabilidad ruminal.

Por otra parte, la fracción fibrosa muestra comportamientos diferenciados que aportan información relevante sobre la calidad nutricional del ensilaje. La fibra detergente neutro (FDN) no presentó diferencias significativas entre tratamientos, lo que indica que la estructura global de la pared celular se mantiene estable, incluso con la sustitución parcial del maíz por cáscara de plátano. Este hallazgo coincide con investigaciones que destacan que ciertos subproductos agrícolas pueden integrarse sin alterar significativamente la fracción fibrosa total (Espinoza et al., 2017; Montenegro et al., 2018). Sin embargo, la fibra detergente ácido (FDA) mostró una disminución progresiva a medida que aumentó la inclusión de cáscara, lo que

sugiere una reducción en los componentes más lignificados y, por ende, un mayor potencial de digestibilidad. Este comportamiento es coherente con el modelo de fraccionamiento de la fibra, donde una menor FDA se asocia con una mayor disponibilidad de nutrientes para los microorganismos ruminales (Van Soest et al., 1991). Asimismo, estudios en ensilajes con residuos frutales han reportado tendencias similares, evidenciando mejoras en la calidad digestiva asociadas a la reducción de la lignificación (Dormond et al., 2011; Montenegro et al., 2018). En conjunto, los resultados respaldan el potencial de la cáscara de plátano como un ingrediente alternativo viable en la elaboración de ensilajes, destacando la necesidad de optimizar las proporciones de inclusión para maximizar los beneficios nutricionales, equilibrar los niveles de proteína y grasa, y asegurar un proceso fermentativo eficiente y estable.

Conclusión

La inclusión de cáscara de plátano en el ensilaje de maíz forrajero representa una alternativa viable para mejorar ciertos atributos nutricionales sin afectar la estabilidad global del material ensilado. Los resultados evidenciaron que niveles intermedios de inclusión, particularmente en el tratamiento T4, optimizan la materia seca parcial y el contenido de proteína bruta, lo que sugiere un mejor equilibrio entre humedad y nutrientes, favoreciendo el proceso fermentativo. Por otro lado, niveles más altos de inclusión pueden incrementar el contenido de grasa, pero también podrían generar limitaciones asociadas al exceso de humedad, afectando la concentración de sólidos. La estabilidad observada en variables como materia seca total, materia inorgánica, materia orgánica y fibra detergente neutro indica que la sustitución parcial del maíz no compromete la estructura nutricional básica del ensilaje. Además, la disminución de la fibra detergente ácida con mayor inclusión de cáscara sugiere un incremento en la digestibilidad potencial del alimento. En conjunto, estos resultados destacan el potencial de la cáscara de plátano como recurso alternativo en la alimentación de rumiantes,

especialmente en sistemas sostenibles. Sin embargo, es fundamental ajustar adecuadamente los niveles de inclusión para maximizar beneficios y evitar efectos negativos, así como realizar evaluaciones adicionales en condiciones productivas reales.

Referencias bibliográficas

- Abasolo-Pacheco, F., Sellan-Canales, M. J., García-Gallirgos, V. J., & Onofre-Correa, J. A. (2025). Desarrollo vegetativo del maíz bajo influencia de diluciones minerales y biológicas. *Revista Científica Zambos*, 4(2), 265-280. <https://doi.org/10.69484/rcz/v4/n2/121>
- Barrera-Álvarez, A., Montenegro-Vivas, L., Sánchez-Laiño, A., Medina-Villacís, M., y Espinoza-Guerra, I. (2017). Degradabilidad ruminal *in vitro* de ensilajes de pasto saboya (*Panicum maximum* Jacq.) con diferentes niveles de inclusión de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims.). *Ciencia y Tecnología*, 10(2), 53–62. <https://doi.org/10.18779/cyt.v10i2.208>
- Berndt, S. (2002). *Composición nutricional y calidad de ensilajes de la zona Sur*. Universidad Austral de Chile.
- Brito-Gómez, V. M., Herrera-Jácome, D. F., Miranda-Monar, G. H., Conrado-Palma, D. J., & Miranda-Monar, H. P. (2026). Modelación DSSAT del maíz bajo cambio climático y densidad de siembra en época lluviosa. *Revista Científica Ciencia Y Método*, 4(1), 548-562. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v4/n1/170>
- Dormond, H., Rojas, A., Boschini, C., Mora, G., & Sibaja, G. (2011). Evaluación preliminar de la cáscara de banana maduro como material de ensilaje, en combinación con pasto King grass (*Pennisetum purpureum*). *Intersedes*, 12(23), 17–31.
- Elizondo, J. A., Chacón, M., & Campos, G. (2014). Características nutricionales de la cáscara de piña ensilada con cantidades crecientes de urea y heno. *Nutrición Animal Tropical*, 8(2), 51–71.
- Espinoza Guerra, I., Medina Villacís, M., Barrera Álvarez, A., Montenegro Vivas, L., Sánchez Laiño, A., Romero Romero, M., et al. (2017). Composición bromatológica y degradabilidad ruminal *in situ* de residuos agroindustriales de maracuyá (*Passiflora edulis*) y plátano (*Musa paradisiaca*). *Ciencia y Tecnología*, 10(2), 63–67.
- Espinoza Guerra, I., Montenegro Vivas, L., Sánchez Laiño, A., Romero Romero, M., Medina Villacís, M., & García Martínez, A. (2017). Efecto de inoculantes microbianos sobre la composición bromatológica y estabilidad aeróbica de ensilado de maíz forrajero (*Zea mays*) y cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*). *Revista de Investigación Talentos*, 4(2), 18–22.
- Espinoza-Guerra, I. F., Cedeño-Moreira, Ángel V., Muñoz-Rodríguez, J. G., Conrado-Palma, D. J., & Bone-Flores, D. E. (2026). Composición química de subproductos agroindustriales del maíz (*Zea mays*) utilizados en la alimentación de rumiantes. *Journal of Economic and Social Science Research*, 6(2), 152-162. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v6/n2/246>

- Espinoza-Guerra, I. F., Cedeño-Moreira, Ángel V., Muñoz-Rodríguez, J. G., Conrado-Palma, D. J., & Borbor-Lainez, M. V. (2026). Degradabilidad ruminal *in vitro* y cinética de fermentación de residuos agroindustriales de maíz (*Zea mays*) como alternativa para la alimentación de rumiantes. *Journal of Economic and Social Science Research*, 6(2), 163-174. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v6/n2/247>
- Espinoza-Guerra, I., Barrera, A., Montenegro, L., Sánchez, A., Álvarez, G., & Romero, D. (2021). Degradabilidad y cinética ruminal *in situ* de la cáscara de tres variedades de maracuyá (*Passiflora edulis*). *Revista Talentos*, 8(2), 2–9.
- Espinoza, I., Montenegro, L., Rivas, J., Romero, M., García, A., & Martínez, A. (2017a). Características microbianas, estabilidad aeróbica y cinética de degradación ruminal del ensilado de pasto saboya (*Megathyrsus maximus*) con niveles crecientes de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*). *Revista Científica, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad del Zulia*, 27(4), 178–185.
- León Montenegro, I., Espinoza Guerra, I., Sánchez-Laiño, A., Barba Capote, C., García, A., Requena, F., & Martínez-Marín, A. (2018). Composición química y cinética de degradación ruminal *in vitro* del ensilado de pasto Saboya (*Megathyrsus maximus*) con inclusión de residuos de frutas tropicales. *Revista Científica, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad del Zulia*, 23(4), 306–312.
- López, M., Rojas, A., & Zumbado, C. (2016). Nutritional and fermentative characteristics of Cameroon grass silage with Pelipita banana. *Agronomía Mesoamericana*, 28(3).
- McDonald, P., Henderson, A. R., & Heron, S. J. E. (1991). *The biochemistry of silage* (2nd ed.). Chalcombe Publications.
- Mertens, D. R. (1994). Regulation of forage intake. In G. C. Fahey Jr. (Ed.), *Forage quality, evaluation, and utilization* (pp. 450–493). American Society of Agronomy.
- Muck, R. E., Nadeau, E. M. G., McAllister, T. A., Contreras-Govea, F. E., Santos, M. C., & Kung, L., Jr. (2018). Silage review: Recent advances and future uses of silage additives. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 3980–4000.
- Reyes-Mera, J. J., Viáfara-Banguera, D., Paredes-Ulloa, C. O., & Guamán-Castillo, J. G. (2025). Influencia del tiempo y la técnica de extracción en la recuperación de compuestos fenólicos a partir de la cáscara de Ananas comosus. *Revista Científica Zambos*, 4(3), 80-91. <https://doi.org/10.69484/rcz/v4/n3/132>
- Sánchez-Laiño, A., Torres Navarrete, E., Espinoza Guerra, I., Montenegro Vivas, L., Barba Capote, C., & García Martínez, A. (2019). Valoración nutricional *in situ* de dietas con harina de maracuyá (*Passiflora edulis*) en sustitución del maíz (*Zea mays*). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(1), 149–157.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583–3597.
- Vinces-Tachong, R. E., Solorzano-Cedeño, L. J., Zambrano-Morales, D. M., Murillo-Orellana, D. D., & Muñoz-Montoya, J. A. (2025). Productividad del maíz en función de distintas dosis del biofertilizante Ferti-Organ. *Revista Científica Ciencia Y Método*, 3(4), 414-425. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v3/n4/121>