

Evaluación química y organoléptica de ensilajes de *Sorghum bicolor* (L.) Moench y pulpa de *Citrus* sp.

Chemical and organoleptic evaluation of silages of *Sorghum bicolor* (L.) Moench and *Citrus* sp. pulp

Dariel Morales-Querol¹ <https://orcid.org/0000-0002-2935-7260>, Rafael Rodríguez-Hernández² <https://orcid.org/0000-0001-8254-7509>, Onel López-Vigoa¹ <https://orcid.org/0000-0001-7436-4008>, Félix Ojeda-García¹ <https://orcid.org/0000-0002-6770-4227>, Dianet Camejo-Rodríguez¹ <https://orcid.org/0000-0001-9570-5801>, Flavia García-Sánchez¹ <https://orcid.org/0000-0002-6901-7981> y Leyanis Fundora-Fernández <https://orcid.org/0000-0001-7066-8573>

¹Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, Ministerio de Educación Superior. Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba. ²Instituto de Ciencia Animal. Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

Correo electrónico: dariel.morales@ihatuey.cu, rrodriguez@ica.co.cu, onel.lopez@ihatuey.cu, fojeda@ihatuey.cu, dianet.camejo@ihatuey.cu, flavia.garcia@ihatuey.cu, leyanis.fundora@ihatuey.cu

Resumen

Objetivo: Evaluar la composición química y las características organolépticas de ensilajes de *Sorghum bicolor* (L.) Moench y pulpa de *Citrus* sp.

Materiales y Métodos: Se trabajó con la planta de *S. bicolor* troceada y con pulpa de cítrico fresca. Se aplicó un diseño factorial completamente al azar y cinco tratamientos: T1) 100 % *S. bicolor*, T2) 75 % *S. bicolor* + 25 % pulpa de cítrico, T3) 50 % *S. bicolor* + 50 % pulpa de cítrico, T4) 25 % *S. bicolor* + 75 % pulpa de cítrico y T5) 100 % pulpa de cítrico. Los ensilajes se evaluaron los días 14, 28, 42 y 56 para determinar las características bromatológicas y organolépticas en el momento de la apertura final (56 días). Se realizó análisis de varianza para determinar la dinámica de la composición química, por lo que se utilizó un modelo lineal en el que se tomaron como efectos los tratamientos, los tiempos y las interacciones tratamientos x tiempos.

Resultados: Los tratamientos T1 y T2 presentaron excelente calidad organoléptica, mientras que T3, T4 y T5 se evaluaron como de buena calidad. La materia seca disminuyó a medida que aumentó el porcentaje de pulpa de cítrico, en un rango entre 37,5 y 14,1 %. El contenido de fibra detergente neutro mostró diferencias significativas entre todos los tratamientos ($p < 0,0001$) y se incrementó al disminuir el porcentaje de inclusión de pulpa de cítrico en los ensilajes, con valores entre 31,2 y 70,0 %. El contenido de los minerales calcio y magnesio presentó niveles adecuados para los requerimientos de rumiantes en pastoreo, entre 3,3 - 4,9 y 1,9 - 2,4 g/kg de MS, respectivamente, en los ensilajes de *S. bicolor* y pulpa de cítrico.

Conclusiones: Las características organolépticas de los ensilajes confirmaron que eran de buena a excelente calidad. La inclusión de pulpa de cítrico en las mezclas disminuyó el contenido de materia seca y fibra detergente neutro, mientras que la proteína bruta se comportó conforme a las materias primas utilizadas.

Palabras clave: fermentación, nutrición animal, valor nutritivo

Abstract

Objective: To evaluate the chemical composition and organoleptic characteristics of silages of *Sorghum bicolor* (L.) Moench *Citrus* sp. pulp.

Materials and Methods: The work was done with chopped *S. bicolor* plant and fresh citrus fruit pulp. A complete randomized factorial design and five treatments were applied: T1) 100 % *S. bicolor*, T2) 75 % *S. bicolor* + 25 % citrus fruit pulp, T3) 50 % *S. bicolor* + 50 % citrus fruit pulp, T4) 25 % *S. bicolor* + 75 % citrus fruit pulp and T5) 100 % citrus fruit pulp. The silages were evaluated on days 14, 28, 42 and 56 to determine the bromatological and organoleptic characteristics at the moment of final opening (56 days). Variance analysis was carried out to determine the dynamics of chemical composition, for which a linear model was used in which the treatments, times and treatments x times interactions were taken as effects.

Results: Treatments T1 and T2 showed excellent organoleptic quality; while T3, T4 and T5 were evaluated as of good quality. The dry matter decreased as the percentage of citrus fruit pulp increased, in a range between 37,5 and 14,1 %. The content of neutral detergent fiber showed significant differences among all the treatments ($p < 0,0001$) and increased when the percentage of inclusion of citrus fruit pulp decreased in the silages, with values between 31,2 and 70,0 %. The content of the minerals calcium and magnesium showed adequate levels for the requirements of grazing ruminants, between 3,3-4,9 and 1,9-2,4 g/kg DM, respectively, in the silages of *S. bicolor* and citrus fruit pulp.

Conclusions: The organoleptic characteristics of silages confirmed that they had from good to excellent quality. The inclusion of citrus fruit pulp in the mixtures decreased the content of dry matter and neutral detergent fiber; while the crude protein behaved according to the utilized raw materials.

Keywords: fermentation, animal nutrition, nutritional value

Recibido: 07/02/2022

Aceptado: 09/05/2022

Como citar este artículo: Morales-Querol, Dariel; Rodríguez-Hernández, Rafael; López-Vigoa, Onel; Ojeda-García, Félix; Camejo-Rodríguez, Dianet; García-Sánchez Flavia & Fundora-Fernández, Leyanis. Evaluación química y organoléptica de ensilajes de *Sorghum bicolor* (L.) Moench y pulpa de *Citrus* sp. *Pastos y Forrajes*. 45:eE17, 2022

Este es un artículo de acceso abierto distribuido en Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/> El uso, distribución o reproducción está permitido citando la fuente original y autores.

Introducción

En los sistemas ganaderos, la alimentación del rebaño es la principal fuente de gasto, sobre todo al emplear concentrados basados en maíz, *Zea mays* L. o soya, *Glicine max* (L.), que tienen precios elevados, debido a su demanda para la alimentación humana y de animales monogástricos (Campos-Granados y Arce-Vega, 2016; Hernández-Montiel *et al.*, 2017). Ante estas condiciones, se hace imprescindible la búsqueda de alternativas tecnológicas nuevas para la alimentación de los rumiantes, que resulten de menor costo y amplia disponibilidad, y que permitan un adecuado aporte nutricional, a lo que se adiciona el incremento en los rendimientos productivos (Lazo-Salas *et al.*, 2018; Rojas-Cordero *et al.*, 2020).

Los forrajes son una parte esencial de las raciones en las dietas de los rumiantes para mantener la función ruminal y el desarrollo de los microorganismos del rumen (Xue, 2020). Conocer su valor como alimento y su forma de conservación más apropiada es de gran importancia para los sistemas de producción en la región tropical, como en la templada, donde existe una evidente estacionalidad en la producción de forrajes (Li *et al.*, 2019). Este forraje bien conservado es necesario para la producción animal durante los períodos de escasez de alimento.

No obstante a lo anterior, la producción de pastos y forrajes varía durante el año. El período poco lluvioso (PPLL) se caracteriza por menor disponibilidad de biomasa, mientras que en el lluvioso (PLL) se producen excedentes de biomasa forrajera que se pierden si no se conservan de manera eficiente (Paytan *et al.*, 2017). Por tanto, en los sistemas ganaderos es fundamental disponer de forraje de calidad durante el PPLL, etapa en que los pastizales y las pasturas tropicales prácticamente no crecen y lo que está en pie es de baja calidad.

Una manera para lograr disminuir el déficit de alimento que experimenta el ganado durante el PPLL es conservar o transferir una porción del forraje producido en el período de mayor producción hacia el momento en el que escasea el pasto. De esta manera se puede mantener estable la oferta de alimento durante todo el año. El forraje se puede conservar en silos (en forma húmeda, fermentado sin O₂) o como heno (forraje seco) y en forma de harina de hierba, variantes que permiten conservar el exceso que se produce durante el PLL, para poder suministrarlo en el PPLL (Morales *et al.*, 2016; Mapato y Wanapat, 2018). Así, la producción de ensilajes mixtos permite aprovechar los excedentes

de forrajes que se producen en determinadas épocas del año, facilitar la inclusión de subproductos agroindustriales en la alimentación de bovinos, incrementar la carga animal y mejorar el balance de la dieta de los animales (Ermgassen, 2018).

Por sus características nutricionales, *Sorghum bicolor* es un importante recurso energético en la alimentación de rumiantes, al presentar adecuados niveles de carbohidratos solubles, relativa baja capacidad tampón, contenido de proteína entre 5 y 19,3 %, con promedio de 10,7 %, en función del cultivar, el suelo, clima y manejo del cultivo. El contenido de MS es superior al 20 % y el de fibra es bajo, por lo que aumenta su digestibilidad (Cabral-Filho *et al.*, 2013). La pulpa de cítrico es un residuo de la industria del procesamiento de estas frutas, destinada a la alimentación humana. Se utiliza como alimento rico en energía en la dieta de bovinos, debido a su valor nutricional. La cáscara (fresca, ensilada o seca) se usa para reemplazar parcialmente componentes de la dieta convencional, como son los cereales (Zema *et al.*, 2018).

El objetivo de esta investigación fue evaluar la composición química y las características organolépticas de ensilajes de *S. bicolor* (L.) Moench y pulpa de *Citrus* sp.

Materiales y Métodos

Localización. Los ensayos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Nutrición de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), ubicada entre los 22° 48' 7" LN y 81° 2' LO, a 19,01 msnm, perteneciente a la Universidad de Matanzas, Cuba y en el Departamento de Ciencias Biofisiológicas del Instituto de Ciencia Animal (ICA) de la República de Cuba, situado entre los 22° 58' LN y los 82° 02' LO, a 80 msnm.

Material vegetal. Se trabajó con la planta de *S. bicolor* cv. UGD-110 y pulpa de cítrico fresca *Citrus* sp. *S. bicolor* se sembró a chorrillo, en áreas experimentales de la EEPFIH, establecidas en un suelo Ferralítico rojo, de buen drenaje superficial e interno y perfil uniforme (Hernández-Jiménez *et al.*, 2015), a una distancia de 1,0 m entre surcos (dosis de 20 kg ha⁻¹) y se fertilizó con materia orgánica. El forraje de *S. bicolor* se cosechó en estado seroso, aproximadamente entre los 65-70 días de sembrado. La pulpa de cítrico se obtuvo en la Empresa Cítrica de Jagüey Grande, provincia Matanzas. Las muestras se sometieron a un proceso de limpieza manual para eliminar cualquier tipo de suciedad. Además, se retiraron las partes dañadas o alteradas.

La composición nutricional de los materiales utilizados en la elaboración de los ensilajes se muestra en la tabla 1.

Tratamientos y diseño experimental. Se empleó un diseño factorial con distribución al azar y cinco tratamientos (tabla 2), para los que se construyeron 20 microsilos por tratamiento, con un peso promedio de 500 g. En cada momento de la evaluación se utilizaron tres réplicas por tratamiento. Se consideró el microsilo como la unidad experimental. Se utilizó para ello la escala de ensilajes de laboratorio, propuesta por Ojeda *et al.* (1991).

Procedimiento experimental. Para la confección de los microsilos, la planta de *S. bicolor* se pre-marchitó a la sombra durante 48 horas, hasta lograr disminuir la humedad y alcanzar un valor de MS superior a 30 %. Luego, se troceó en un molino para forraje hasta alcanzar un tamaño de partícula de 4-5 mm. *S. bicolor* y la pulpa de cítrico se mezclaron de forma homogénea en tres proporciones. Para empa-car el ensilado, se utilizaron bolsas de polietileno de 17 cm de alto, 8 cm de largo, 7 cm de ancho y capacidad de 1 L. El material se compactó manualmente en el interior de las bolsas tratando de no perforarlas. Al finalizar el llenado, se sellaron con cinta plástica adhesiva para crear condiciones de anaerobiosis y se colocaron en bandejas plásticas.

Se almacenaron en el Laboratorio de Nutrición de la EEPFIH, resguardadas de las labores rutinarias que podrían afectar el proceso de ensilaje.

Muestreos y variables experimentales. Los ensilajes se evaluaron los días 14, 28, 42 y 56 después de su elaboración hasta su apertura (56 días), para determinar los análisis de calidad nutricional de los materiales a conservar. Se les determinó MS, ceniza (Cen), proteína bruta (PB), y los minerales calcio (Ca), magnesio (Mg) y fósforo (P), según las técnicas de la AOAC (2016). El contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) se determinó de acuerdo con el procedimiento propuesto por van Soest *et al.* (1991). Además, se evaluaron las características organolépticas, color, olor, textura y humedad en el momento de la apertura (56 días), según los indicadores propuestos por Sánchez *et al.* (2018).

Análisis estadístico. Se verificó la normalidad de la distribución de los datos en todas las variables por la prueba modificada de *Shapiro-Wilk*, y la homogeneidad de varianzas según *Levene*. Para el análisis de los datos de dinámica de la composición química, se usó un modelo lineal. Se tomaron como efectos los tratamientos, los tiempos y las interacciones tratamientos x tiempos. Cuando se encontraron diferencias ($p < 0,05$), las medias de los

Tabla 1. Composición química del *S. bicolor* y la pulpa de cítrico fresca, empleados en la elaboración de los microsilos.

Nutrientes	Pulpa fresca	<i>S. bicolor</i> fresco	<i>S. bicolor</i> presecado
MS, %	15,9	26,8	41,7
Cen, %	5,4	6,5	5,25
PB, %	7,9	11,1	8,0
FDN, %	33,1	68,3	64,4
FDA, %	34,1	34,1	32,9
Ca, g/kg de MS	4,6	4,5	4,1
Mg, g/kg de MS	2,3	2,2	2,1
P, g/kg de MS	0,51	0,47	0,34

MS: materia seca, Cen: ceniza, PB: proteína bruta, FDN: fibra detergente neutro, FDA: fibra detergente ácido, Ca: calcio, Mg: magnesio, P: fósforo

Tabla 2. Proporción de planta de *S. bicolor* y pulpa de cítrico fresca para la confección de microsilos, %.

Tratamientos	<i>S. bicolor</i>	Pulpa de cítrico
T1	100	0
T2	75	25
T3	50	50
T4	25	75
T5	0	100

tratamientos se compararon mediante la décima de rangos mltiples de Duncan. Se empleó el paquete estadstico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2020).

Resultados y Discusión

Caractersticas organolépticas. En cuanto al color, durante el perodo de evaluación, los tratamientos T1 y T2 presentaron una coloración verde aceituna, a diferencia de T3 y T4, cuyo color fue verde amarillento, mientras que T5 mostró un color amarillento (tabla 3). Esta diferencia en los colores de los ensilajes evaluados se pudo deber a la inclusión de la pulpa de cítrico en los ensilajes, de modo que a medida que aumentó la proporción de pulpa, el color amarillento se acentuó más. El material obtenido en los ensilajes T1 y T2 se calificó de excelente calidad, mientras que el de T3, T4 y T5 de buena, segun los indicadores propuestos por Sánchez *et al.* (2018).

En su estudio sobre la evaluación de la composición química y caractersticas organolépticas del ensilado de *Pennisetum* sp. con diferentes proporciones de *Manihot esculenta* Crantz, Maza *et al.* (2011) calificaron la calidad de los tratamientos experimentales como excelente (tonalidad verde aceituna), mejor que la del tratamiento testigo (tonalidad verde amarillento).

Se distinguieron dos olores: ligero a vinagre y fruta madura. Solo el tratamiento T1 presentó olor ligero, mientras que el resto tuvo olor a fruta madura (tabla 3), que se hizo más acentuado a medida que aumentó el nivel de inclusión de pulpa de cítrico en los ensilajes. Este resultado caracterizó a los ensilajes T2, T3, T4 y T5 como de excelente calidad, mientras que el T1 se calificó de buena calidad, de acuerdo con lo informado por Sánchez *et al.* (2018).

Los ensilajes bien fermentados no deben tener un olor fuerte, debido al ácido láctico, ya que el principal ácido orgánico de la fermentación es casi inodoro. Sin embargo, la mayoría de los ensilajes tienden a tener un ligero olor a vinagre ( cido acético), porque este ácido se produce en la segunda concentración más alta, después del ácido láctico, y es muy volátil (Kung *et al.*, 2018).

Estos resultados difieren de los obtenidos por Villalba *et al.* (2011). Esos autores, al evaluar la calidad bromatológica y organoléptica de ensilajes de residuos orgánicos del sistema de producción café-musáceas, encontraron olores desde ligero y fuerte, como vinagre, hasta fruta madura. Maza *et al.* (2011) clasificaron de excelente y bueno, en cuanto al olor, los ensilajes de *Pennisetum* sp. y *M. esculenta*, lo que coincide con el presente estudio.

En cuanto a la textura, los ensilajes analizados aquí se caracterizaron por presentar una excelente calidad, al mostrar todos sus contornos bien definidos, lo que garantiza una textura firme durante todo el perodo de evaluación (tabla 3). Esto se evidenció en todos los tratamientos experimentales de esta investigación. Resultados que no corroboran los que informaron Villalba *et al.* (2011). Estos autores hallaron que la textura de los ensilajes evaluados fue regular, al utilizar materiales fibrosos que presentan un poco más de resistencia a la presión por el puño. No obstante, Morales *et al.* (2016) y López-Herrera *et al.* (2019) observaron cambios en cuanto a la consistencia del ensilado por la degradación de carbohidratos estructurales.

Debido al tipo de microsilo utilizado (bolsas de nailon), no hubo pérdidas por efluentes, lo que provocó una retención de la humedad durante el

Tabla 3. Caractersticas organolépticas de los ensilajes de planta de *S. bicolor* y de pulpa de cítrico fresca.

Tratamientos	Color	Olor	Textura	Humedad	Calidad final
T1	Verde aceituna ¹	Ligero acético ²	Contornos continuos ¹	No humedece al ser comprimido ¹	Excelente
T2	Verde aceituna ¹	Fruta madura ¹	Contornos continuos ¹	No humedece al ser comprimido ¹	Excelente
T3	Verde amarillento ²	Fruta madura ¹	Contornos continuos ¹	Humedece al ser comprimido ³	Buena
T4	Verde amarillento ²	Fruta madura ¹	Contornos continuos ¹	Humedece al ser comprimido ³	Buena
T5	Amarillento ²	Fruta madura ¹	Contornos continuos ¹	Humedece al ser comprimido ³	Buena

¹Excelente, ²buena, ³regular.

T1) 100 % *S. bicolor*, T2) 75 % *S. bicolor* + 25 % pulpa de cítrico, T3) 50 % *S. bicolor* + 50 % pulpa de cítrico, T4) 25 % *S. bicolor* + 75 % pulpa de cítrico, T5) 100 % pulpa de cítrico

proceso de fermentación, que en el momento de abrir las bolsas y homogenizar, se combinó con todo el material presente. Así, el contenido de humedad en los ensilajes incrementó de manera lineal y fue directamente proporcional al porcentaje de inclusión de pulpa de cítrico.

Resultados similares presentaron Rojas-Cordero *et al.* (2020) al evaluar el efecto de la inclusión de diferentes niveles de *Musa* sp. en la calidad nutricional y fermentativa de ensilajes de *Morus alba* Linn. Por esto, en el presente estudio, los tratamientos T1 y T2, al ser comprimidos no presentaron pérdidas por efluentes ni humedecimiento de las manos (tabla 3), mientras que las proporciones T3, T4 y T5, al ser comprimidas tuvieron cierto tenor de humedad, que aumentó a medida que se incrementó en el ensilaje la proporción de pulpa de cítrico. Los tratamientos T1 y T2 mostraron una calidad excelente, según los indicadores informados por Sánchez *et al.* (2018), mientras que T3, T4 y T5 presentaron calidad regular. No obstante, esta calificación de regular no los descarta como ensilajes bien fermentados. El resto de las variables organolépticas evaluadas tuvo un comportamiento adecuado, que incluye a estos ensilajes entre los de buena calidad (tabla 3).

Los incrementos en la humedad pueden influir negativamente en la calidad final del material ensilado, ya que promueven los procesos de fermentación indeseables, como la que se produce por clostridios, la formación de efluentes y la reducción del lactato, con el consecuente aumento del pH (Callejo-Ramos, 2018; Rojas-Cordero *et al.*, 2020).

En sentido general, al abrir los ensilajes de *S. bicolor* y pulpa de cítrico fresca, se constató que las características organolépticas evaluadas tuvieron una calidad de buena a excelente (tabla 3), independiente de la materia prima y las combinaciones entre ellas, lo que confirmó que el proceso de ensilaje se llevó a cabo de manera adecuada. En ninguno de los tratamientos hubo degradación del material ensilado, lo que mostró un nivel adecuado de conservación durante la dinámica de fermentación. Según Bertoia (2007), lo anterior permite clasificar los tratamientos como ensilajes bien fermentados, que se caracterizan por ser de color amarillo verdoso, olor agradable, avinagrado y picante; además de tener la textura firme y valor nutritivo similar al del forraje verde.

Composición química. En la tabla 4 se muestran los valores de MS de los ensilajes evaluados. En todos los días muestreados, a medida que aumentó

el nivel de pulpa de cítrico, disminuyó el contenido de MS de los ensilados, con valores entre 37,5 y 14,1 %. Hubo diferencias en todos los días de evaluación ($p < 0,001$).

Para validar el forraje como una fuente alternativa de alimento para animales rumiantes, Mamé-dio *et al.* (2020) al incluir pulpa de cítrico y evaluar la composición química, las pérdidas de MS y la estabilidad aeróbica del ensilaje de la parte aérea de araruta (*Maranta arundinacea* L.), informaron que, con el aumento, la pulpa en los ensilajes incrementó la MS, comportamiento que difiere del observado en este estudio.

Asimismo, los resultados aquí obtenidos superan los de Padilla-Montes (2018) en la evaluación de ensilajes de *S. bicolor* forrajero, con niveles de inclusión de *Crescentia alata* Kunth. Solo en la proporción T3, se encontraron semejanzas con respecto a lo informado por este autor (27,2 %), si se compara con el rango que se registró en esta investigación, que estuvo entre 25,4 y 27,5 %. Granados-Niño *et al.* (2021) refirieron valores de 29 % en el contenido de MS, al identificar la altura óptima de corte en la cosecha del forraje de *S. bicolor*, con el propósito de mejorar la calidad nutritiva del ensilaje, sin reducir el rendimiento de MS del forraje, resultados que son diferentes a los encontrados en este experimento.

Un factor importante que determina el tipo de fermentación en el proceso de ensilaje es el tenor de MS de la planta. Estudios realizados por Pinho *et al.* (2015) y Martínez y Schieda (2017) refieren que en las distintas variedades de *S. bicolor* el contenido de MS varía con la edad de corte y con la naturaleza del tallo de la planta. En este sentido, a los contenidos de MS registrados en el presente estudio contribuyó el presecado de la planta de *S. bicolor* durante 48 h, ya que se conoce que dicho proceso incrementa el valor de ese componente. El presecado fue necesario para reducir, en lo posible, la humedad durante la fermentación, pues se conoce que altos niveles de humedad en los forrajes a ensilar pueden provocar pérdidas por efluentes y favorecer fermentaciones indeseables (Sánchez, 2018; Rojas-Cordero *et al.*, 2020). Además, según McDonald *et al.* (1992), estos efluentes contienen la mayoría de los componentes solubles del forraje, como azúcares, ácidos orgánicos, proteínas y otros compuestos nitrogenados.

Para obtener ensilados de buena calidad y disminuir las pérdidas por efluentes, el contenido de MS debe ser como mínimo 30 %. Ojeda *et al.*

Tabla 4. Contenido de materia seca en ensilajes de *S. bicolor* y pulpa de cítrico fresca (%).

Tratamientos	Momentos, días			
	14	28	42	56
T1	35,7 ^a	35,6 ^a	37,5 ^a	37,0 ^a
T2	31,9 ^b	32,8 ^b	33,4 ^b	33,0 ^b
T3	27,0 ^c	25,4 ^c	27,5 ^c	26,4 ^c
T4	22,3 ^d	22,4 ^d	22,4 ^d	21,1 ^d
T5	15,5 ^e	14,6 ^e	15,4 ^e	14,1 ^e
EE ±	0,134	0,109	0,179	0,113
Valor - P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

a, b, c, d y e: Letras diferentes en una misma columna indican diferencias ($p < 0,05$)

T1) 100 % *S. bicolor*, T2) 75 % *S. bicolor* + 25 % pulpa de cítrico, T3) 50 % *S. bicolor* + 50 % pulpa de cítrico, T4) 25 % *S. bicolor* + 75 % pulpa de cítrico, T5) 100 % pulpa de cítrico

(2006) señalaron que, si un ensilaje presenta entre 25 y 30 % de MS y su pH es inferior a 4,3 se puede considerar que el proceso se desarrolló de manera satisfactoria. Sin embargo, otros autores plantean que ensilajes de buena calidad deben tener entre 30 y 35 % de MS (Flores, 2015). No obstante, Sánchez (2018) refiere que se puede lograr un adecuado proceso de fermentación con al menos 25 %.

Sobre la base de lo propuesto por estos autores, los tratamientos T1, T2 y T3 alcanzaron desde 25 hasta el 37 % de MS (tabla 4), por lo que se considera que las pérdidas por efluentes en estos ensilajes deberían ser mínimas. Se considerarían entonces como ensilajes de buena calidad. No se comportarían así los ensilajes con mayor contenido de pulpa de cítrico (T4 y T5), cuyos valores de MS oscilaron entre 21 y 14 %.

En el contenido de ceniza no influyó el nivel de inclusión de pulpa de cítrico en los ensilajes, de modo que se encontraron diferencias entre el tratamiento T1 y el resto de los tratamientos en todos los momentos de evaluación (tabla 5).

Según Hoffman (2005), la disminución de la fracción mineral es favorable, ya que aumenta la cantidad de materia orgánica fermentable en el rumen. Es por ello que los ensilajes evaluados en este estudio presentan valores adecuados de dicha fracción, que pueden contribuir al contenido energético de las dietas para rumiantes. Granados-Niño *et al.* (2021) obtuvieron valores de ceniza entre 10,9 y 13,7 % de la MS, con marcada tendencia a la disminución de este indicador, a medida que aumentó la altura de corte, resultados que no se corresponden con los de este experimento para T1, posiblemente por evaluar variedades diferentes, sometidas a distintas condiciones de cultivo.

Los valores de proteína registrados durante la fermentación de los ensilajes se muestran en la tabla 6. Estuvieron entre 6,7 y 9,9 % y variaron de acuerdo con los contenidos de PB de las materias primas antes de ensilar (tabla 1).

Al día 14, los tratamientos T1, T2 y T3 mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) con respecto al resto de los ensilajes evaluados, con el menor

Tabla 5. Contenido de ceniza en ensilajes de *S. bicolor* y pulpa de cítrico fresca (%).

Tratamientos	Momentos, días			
	14	28	42	56
T1	6,1 ^a	6,3 ^a	6,3 ^a	6,3 ^a
T2	5,3 ^b	5,7 ^b	5,3 ^b	5,3 ^b
T3	5,5 ^b	5,6 ^b	5,2 ^b	5,3 ^b
T4	5,5 ^b	5,6 ^b	5,5 ^b	5,3 ^b
T5	5,1 ^b	5,6 ^b	5,4 ^b	5,2 ^b
EE ±	0,094	0,024	0,031	0,004
Valor - P	0,0175	0,0006	0,0002	<0,0001

a y b: Letras diferentes en una misma columna indican diferencias ($p < 0,05$).

T1) 100 % *S. bicolor*, T2) 75 % *S. bicolor* + 25 % pulpa de cítrico, T3) 50 % *S. bicolor* + 50 % pulpa de cítrico, T4) 25 % *S. bicolor* + 75 % pulpa de cítrico, T5) 100 % pulpa de cítrico

Tabla 6. Contenido de proteína bruta en ensilajes de planta de *S. bicolor* y pulpa de cítrico fresca (%).

Tratamientos	Momentos, días			
	14	28	42	56
T1	8,9 ^a	9,7 ^a	8,7 ^{ab}	9,0 ^a
T2	9,4 ^a	9,1 ^{ab}	9,6 ^a	7,4 ^b
T3	8,6 ^a	8,2 ^b	9,9 ^a	8,6 ^a
T4	6,7 ^b	8,3 ^b	7,9 ^b	8,3 ^{ab}
T5	6,7 ^b	7,8 ^b	7,5 ^b	8,6 ^a
EE ±	0,221	0,508	0,497	0,317
Valor - P	<0,0001	0,0503	<0,0064	<0,0387

a y b: Letras diferentes en una misma columna indican diferencias ($p < 0,05$)

T1) 100 % *S. bicolor*, T2) 75 % *S. bicolor* + 25 % pulpa de cítrico, T3) 50 % *S. bicolor* + 50 % pulpa de cítrico, T4) 25 % *S. bicolor* + 75 % pulpa de cítrico, T5) 100 % pulpa de cítrico

valor de esta variable durante todo el proceso de evaluación (6,7 %). Mientras, al día 28 no se registraron diferencias entre las proporciones T2, T3, T4 y T5, en tanto que las diferencias estuvieron entre T1 y el resto de los tratamientos. En el día 42, las diferencias se presentaron entre los tratamientos T2 y T3 con relación al T1, T4 y T5 ($p < 0,0064$). A los 56 días, el tratamiento T2 mostró diferencias con respecto al T1, T3, T4 y la proporción T5 ($p < 0,0387$).

En sentido general, en la proteína intervino posiblemente el estado de madurez del material ensilado. Los días de conservación influyeron en el contenido de proteína de los ensilajes, que fue mayor a los 28 y 42 días, con valores de 9,7 y 9,9 % en los tratamientos T1 y T3, respectivamente. Mientras, en los días 14 y 56, los ensilajes con las proporciones T4 (6,7 %) y T2 (7,4 %) obtuvieron los valores más bajos. Otro de los factores que pudo haber afectado los niveles de proteína en los tratamientos evaluados pudo ser el tratamiento mecánico a que se sometieron las materias primas antes de ensilar, lo que puede provocar cambios en las uniones de las proteínas y mejorar la capacidad de absorción de agua, al aumentar la solubilidad de las proteínas. De igual forma, la deshidratación a la que se sometió el *S. bicolor* pudo haber provocado aumento en la concentración de estas últimas, lo que puede producir agregación y favorece las interacciones de las proteínas con otros componentes del alimento.

Al determinar la aptitud productiva y cualitativa de dos genotipos de *S. bicolor*, conservados como ensilajes, De León *et al.* (2019) hallaron en comparación con *Z. mays*, valores de proteína entre 6,5 y 7,3 %, inferiores a los registrados en este estudio, donde variaron entre 8,7 y 9,7 % en el tra-

tamiento T1. Esto se puede deber a la utilización de variedades diferentes a las que se usaron en este estudio. También las condiciones ambientales y de manejo de las plantaciones fueron diferentes. No obstante, Padilla-Montes (2018) informó valores de PB superiores a los informados aquí, cuando utilizó como material fresco *S. bicolor* y pulpa integral de jícara, con contenidos de proteína mayores que los de *S. bicolor* y pulpa de cítrico (12,15 % y 16,50 % vs. 8,0 % y 7,9 %, respectivamente), por lo que sus mezclas alcanzaron cifras entre 12,1 y 17,4 %, superiores a las de esta investigación (6,7 - 9,9 %). Granados-Niño *et al.* (2021) refirieron entre 6,1 y 7,2 % de PB en ensilajes de *S. bicolor*, resultados similares a los de este ensayo.

En la tabla 7 se muestran los cambios en el contenido de FDN de los tratamientos durante la dinámica de fermentación de los ensilajes. En todos los momentos de evaluación hubo incremento en el contenido de FDN, al disminuir el porcentaje de inclusión de pulpa, con diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,0001$). Este comportamiento se pudo deber a la baja cantidad de fibra que presentó la pulpa de cítrico en comparación con *S. bicolor* (tabla 1). De igual forma, se registró aumento del contenido de este componente en el tiempo (tabla 7), excepto en el T4. Rodríguez *et al.* (2016) plantean que este incremento indica desaparición de una parte del material soluble durante la fermentación, lo que aumenta el porcentaje de la proporción del material fibroso.

Resultados similares informaron Nava-Berumen *et al.* (2017) al evaluar el rendimiento y la calidad forrajera de tres variedades de *S. bicolor*. Estos autores encontraron niveles de FDN en el ran-

Tabla 7. Contenido de fibra detergente neutro en ensilajes de *S. bicolor* y pulpa de cítrico fresca (%).

Tratamientos	Momentos, días			
	14	28	42	56
T1	63,4 ^a	68,6 ^a	69,4 ^a	70,1 ^a
T2	56,9 ^b	59,4 ^b	62,9 ^b	64,2 ^b
T3	54,5 ^c	54,9 ^c	56,0 ^c	57,3 ^c
T4	47,0 ^d	51,5 ^d	49,1 ^d	52,1 ^d
T5	31,7 ^e	31,2 ^e	34,5 ^e	36,3 ^e
EE ±	0,432	0,577	0,648	0,947
Valor - P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

a, b, c, d y e: Letras diferentes en una misma columna indican diferencias ($p < 0,05$)

T1) 100 % *S. bicolor*, T2) 75 % *S. bicolor* + 25 % pulpa de cítrico, T3) 50 % *S. bicolor* + 50 % pulpa de cítrico, T4) 25 % *S. bicolor* + 75 % pulpa de cítrico, T5) 100 % pulpa de cítrico

go observado para el tratamiento con 100 % de *S. bicolor*, que estuvieron entre 63,4 y 70,1 %. Asimismo, Granados-Niño *et al.* (2021) registraron valores parecidos a los del presente estudio.

El contenido de FDA de las diferentes combinaciones de ensilajes en estudio se muestra en la tabla 8. Solo se observaron diferencias significativas entre los tratamientos en los días 14, 28 y 42 ($p < 0,05$).

A los 14 días, se obtuvieron valores superiores en los tratamientos T1 y T4 (35,0 y 34,1 %, respectivamente) con relación a los restantes. A los 42 días, la proporción T5 fue menor que el resto (31,2 %). Mientras que al finalizar el proceso de conservación (56 días), se registraron contenidos de FDA que variaron en el rango de 34,6 a 35,6 %. Nava-Berumen *et al.* (2017) informaron valores de 41,1 % de FDA, que no coinciden con los obtenidos en el presente estudio. En este caso, variaron entre 34,6 y 38,2 % para el tratamiento T1, lo que se pudiera deber a factores como el clima, edad de corte y variedad del *S. bicolor* utilizado.

Desde el punto de vista de la fisiología de la nutrición, la fibra es la porción del alimento que limita la digestión. No obstante, es indispensable para mantener una funcionalidad adecuada del rumen, estimula la masticación del alimento y la rumia, además de contribuir a mantener un pH apropiado para el desarrollo de la microbiota ruminal. De esta forma, la fracción FDN ofrece una estimación de la fibra presente en el alimento, fundamentalmente celulosa, hemicelulosa, lignina, y está íntimamente relacionada con el consumo de MS. Según Sousa (2017), a medida que el valor de FDN se incrementa, el consumo animal disminuye, por lo que proveer dietas con altos contenidos de FDN limita el consumo voluntario de forraje y la productividad de los animales, debido a una sensación de llenado en el rumen.

En este estudio, la disminución de la fibra en las mezclas de *S. bicolor* y pulpa de cítrico fue favorable, por lo que todos los ensilados resultaron de buena calidad para la alimentación de rumian-

Tabla 8. Contenido de fibra detergente ácido en ensilajes de *S. bicolor* y pulpa de cítrico fresca (%).

Tratamientos	Momentos, días			
	14	28	42	56
T1	35,0 ^a	38,4 ^a	38,2 ^a	34,6
T2	31,4 ^b	36,4 ^{ab}	36,8 ^a	35,4
T3	31,1 ^b	35,1 ^b	34,0 ^b	34,6
T4	34,1 ^a	35,3 ^b	37,0 ^a	35,6
T5	31,2 ^b	31,2 ^c	32,3 ^b	33,6
EE ±	0,680	0,855	0,561	0,891
p-valor	0,0012	0,0006	0,0001	0,795

a, b y c: Letras diferentes en una misma columna indican diferencias ($p < 0,05$).

T1) 100 % *S. bicolor*, T2) 75 % *S. bicolor* + 25 % pulpa de cítrico, T3) 50 % *S. bicolor* + 50 % pulpa de cítrico, T4) 25 % *S. bicolor* + 75 % pulpa de cítrico, T5) 100 % pulpa de cítrico

tes. En la dieta, este componente está vinculado directamente con la digestibilidad del alimento (Maruelli, 2017). Entre mayor sea la cantidad de fibra, menor será la digestibilidad del alimento por el animal. Sin embargo, los tratamientos en los que aumenta el contenido de pulpa de cítrico (T4 y T5) no se deben utilizar como base forrajera sino como complemento en una dieta balanceada, con adecuado aporte de fibra efectiva.

Los minerales forman parte esencial en la dieta de los rumiantes. En la tabla 9 se muestran los valores alcanzados para Ca, Mg y P en los ensilajes de *S. bicolor* y pulpa de cítrico fresca. Sus contenidos estuvieron entre 3,30-4,95; 1,89-2,43; 0,28-1,18 g/kg MS, respectivamente.

Con respecto a los materiales sin ensilar, no se observaron cambios en cuanto a los minerales analizados (tabla 1). El Ca, Mg y P estuvieron en el rango registrado en los forrajes por Martínez-Sáez *et al.* (2018) y en el de los requerimientos para rumiantes en pastoreo, descrito por McDowell y Arthington (2005). Sales (2017) reporta valores de Ca, Mg y P en el orden de 3,4; 1,4 y 3,1 g/kg MS respectivamente, para la dieta de bovinos de carne. En este estudio, los ensilajes evaluados satisfacen los requerimientos de Ca y Mg, por lo que al suplementar con ellos a rumiantes hay que considerar el bajo contenido de P presente. No obstante, los tratamientos se consideran adecuados para la suplementación de rumiantes.

Conclusiones

Las características organolépticas de los ensilajes estudiados mostraron una calidad de buena a excelente, lo que permite afirmar que el proceso de

fermentación se realizó de manera adecuada. La inclusión de pulpa de cítrico en las mezclas disminuyó el contenido de MS y FDN, mientras que la PB se comportó conforme a las materias primas utilizadas en la confección de los ensilajes. Por tanto, *S. bicolor* y la pulpa de cítrico fresca, por sus características y composición química, constituyen valiosos recursos para la elaboración de ensilajes mixtos destinados a la alimentación de rumiantes, pues poseen un valor nutricional adecuado.

Agradecimientos

Se agradece al proyecto «Estrategias sostenibles de suplementación para mejorar la eficiencia productiva y reproductiva de rebaños lecheros en sistemas silvopastoriles», perteneciente al programa de Producción de Alimento Animal, por el financiamiento para la realización de las investigaciones que se desarrollaron como parte de este estudio.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses entre ellos.

Contribución de los autores

- Daniel Morales-Querol. Realizó el montaje de los experimentos de la investigación, así como el registro y procesamiento de los datos. Participó en la búsqueda de información bibliográfica. Ejecutó la redacción y los arreglos del manuscrito.
- Rafael Rodríguez-Hernández. Realizó el diseño de los experimentos de la investigación. Participó en la revisión del manuscrito.
- Onel López-Vigoa. Realizó el diseño y el montaje de los experimentos de la investigación. Participó en la revisión del manuscrito.

Tabla 9. Contenido de Ca, Mg y P en ensilajes de *S. bicolor* y pulpa de cítrico fresca (g/kg de MS).

Tratamientos	Momentos, días											
	14			28			42			56		
	Ca	Mg	P	Ca	Mg	P	Ca	Mg	P	Ca	Mg	P
T1	3,57 ^d	2,10 ^b	0,44 ^{ab}	4,04 ^a	2,08 ^{ab}	0,43 ^c	3,74 ^b	2,04	0,40 ^b	3,78 ^a	2,10	0,37 ^{ab}
T2	4,13 ^c	2,29 ^{ab}	0,49 ^a	3,83 ^{ab}	2,11 ^{ab}	1,18 ^a	3,61 ^b	2,03	0,43 ^b	3,81 ^a	2,03	0,39 ^{ab}
T3	4,52 ^b	2,22 ^{ab}	0,47 ^{ab}	3,30 ^c	2,00 ^{bc}	0,84 ^b	3,91 ^{ab}	2,05	0,46 ^{ab}	3,64 ^a	2,01	0,43 ^a
T4	4,48 ^{bc}	2,32 ^{ab}	0,40 ^b	3,59 ^{ab}	2,18 ^a	0,81 ^b	3,72 ^b	2,10	0,56 ^a	3,37 ^b	1,94	0,32 ^{ab}
T5	4,95 ^a	2,43 ^a	0,46 ^{ab}	3,79 ^{ab}	1,89 ^c	0,49 ^c	4,14 ^a	2,08	0,37 ^b	3,61 ^a	2,07	0,28 ^b
EE ±	0,041	0,018	0,001	0,018	0,006	0,013	0,038	0,011	0,003	0,014	0,007	0,004
Valor - P	0,001	0,108	0,076	0,007	0,011	0,001	0,055	0,932	0,017	0,008	0,268	0,141

a, b y c: Letras diferentes en una misma columna indican diferencias ($p < 0,05$)

T1) 100 % *S. bicolor*; T2) 75 % *S. bicolor* + 25 % pulpa de cítrico; T3) 50 % *S. bicolor* + 50 % pulpa de cítrico; T4) 25 % *S. bicolor* + 75 % pulpa de cítrico; T5) 100 % de pulpa de cítrico

- Félix Ojeda-García. Realizó el diseño de los experimentos y participó en el asesoramiento de la investigación.
- Dianet Camejo Rodríguez. Participó en la redacción de documento y búsqueda de información bibliográfica.
- Flavia García-Sánchez. Realizó el montaje de los experimentos de la investigación, así como el registro de los datos. Participó en la búsqueda de información bibliográfica.
- Leyanis Fundora-Fernández. Realizó el montaje de los experimentos de la investigación, así como el registro de los datos. Participó en la búsqueda de información bibliográfica.

Referencias bibliográficas

- AOAC. *Official methods of analysis*. Arlington, USA: Association of Official Analytical Chemists, 2016.
- Bertoia, M. L. *Algunos conceptos sobre el cultivo de maíz para ensilaje*. Venezuela: Universidad Nacional de Lomas de Zamora. <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/algunos-conceptos-sobre-ensilaje-t27275.htm>, 2007.
- Cabral-Filho, S. L. S.; Abdalla, A. L.; Bueno, I. C. S.; Gobbo, S. P. & Oliveira, A. A. M. Effect of sorghum tannins in sheep fed with high-concentrate diets. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 65 (6):1759-1766, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352013000600025>.
- Callejo-Ramos, A. Conservación de forrajes (V): Fundamentos del ensilado. *Frisona española*. 223:70-78. <https://www.revistafrisona.com/Noticia/conservacion-de-forrajes-v-fundamentos-del-ensilado>, 2018.
- Campos-Granados, C. M. & Arce-Vega, J. Sustitutos de maíz utilizados en la alimentación animal en Costa Rica. *Nutr. Anim. Trop.* 10 (2):91-113, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.15517/nat.v10i2.27327>.
- De-León, M. & Giménez, R. A. *Ensilajes de sorgo y maíz: rendimiento, composición, valor nutritivo y respuesta animal*. https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/ensilajes-sorgo-maiz-rendimiento-t43931.htm?utm_source=campaign&utm_medium=email&utm_campaign=1-1-0&src_ga=2. 2019.
- Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, Mónica G.; Gonzalez, Laura A.; Tablada, M. & Robledo, C. *InfoStat. version 2019*. Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. <http://www.infostat.com.ar>, 2020.
- Ermgassen, E. K. H. J. zu. *Strategies for sustainable livestock production in Brazil and the European Union*. Dissertation is submitted for the degree of Doctor of Philosophy: Department of Zoology, University of Cambridge. <https://core.ac.uk/download/pdf/153572174.pdf>, 2018.
- Flores, Jorgelina. *Claves de un buen silo de sorgo*. Argentina: Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/302-claves.pdf. 2015.
- Granados-Niño, J. A.; Reta-Sánchez, D. G.; Santana, O. I.; Reyes-González, A.; Ochoa-Martinez, Esmeralda; Díaz, F. *et al.* Efecto de la altura de corte de sorgo a la cosecha sobre el rendimiento de forraje y el valor nutritivo del ensilaje. *Rev. mex. de cienc. pecuarias*. 12 (3):958-968, 2021. DOI: <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i3.5724>.
- Hernández-Jiménez, A.; Pérez-Jiménez, J. M.; Bosch-Infante, D. & Castro-Speck, N. *Clasificación de los suelos de Cuba 2015*. Mayabeque, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Instituto de Suelos, Ediciones INCA, 2015.
- Hernández-Montiel, W.; Ramos-Juárez, J. A.; Aranda-Ibáñez, E. M.; Hernández-Mendo, O.; Munguía-Flores, V. M. & Oliva-Hernández, J. Uso potencial y limitantes de la leguminosa en la salud y productividad de los ovinos. *Ecosistemas y recur. agropecuarios*. 4 (10):187-200, 2017. DOI: <https://doi.org/10.19136/era.a4n10.672>.
- Hoffman, P. C. Ash content of forages. *Focus on forage*. 7 (1):1-2. <https://fyi.extension.wisc.edu/forage/files/2014/01/ASH05-FOF.pdf>, 2005.
- Kung Jr., L.; Shaver, R. D.; Grant, R. J. & Schmidt, R. J. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *J. Dairy Sci.* 101 (5):4020-4033, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>.
- Lazo-Salas, G. J.; Rojas-Bourrillon, A.; Campos-Granados, C. M.; Zumbado-Ramírez, C. & López-Herrera, M. Caracterización fermentativa y nutricional de mezclas ensiladas de corona de piña con guineo cuadrado Musa (ABB) I. Parámetros fermentativos, análisis bromatológico y digestibilidad *in vitro*. *Nutr. Anim. Trop.* 12 (1):59-79, 2018. DOI: <https://doi.org/10.15517/nat.v12i1.33847>.
- Li, Dongxia; Ni, K.; Zhang, Y.; Lin, Y. & Yang, Fuyu. Fermentation characteristics, chemical composition and microbial community of tropical forage silage under different temperatures. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 32 (5):665-674, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0085>.
- López-Herrera, M.; Rojas-Bourrillon, A. & Briceño-Arguedas, E. Sustitución del pasto *Megathyrus maximus* por guineo cuadrado y urea en mezclas ensiladas. *Agron. Mesoam.* 30 (1):179-194, 2019. DOI: <https://dx.doi.org/10.15517/am.v30i1.32478>.
- Mamédio, D.; Loures, Daniele R. S.; Barros, Jeskariandia S. & Rocha, Grazielle F. Ensilaje de parte

- aérea de araruta (*Maranta arundinacea* L.) con inclusión de pulpa cítrica. *Res. Society Devel.* 9 (7):1-19, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4290>.
- Mapato, C. & Wanapat, W. Comparison of silage and hay of dwarf Napier grass (*Pennisetum purpureum*) fed to Thai native beef bulls. *Trop. Anim. Health Prod.* 50 (7):1473-1477, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1582-y>.
- Martínez, R. L. & Schieda, F. *Evaluación de la calidad de fibra y de la productividad de materia seca en diferentes híbridos de sorgo*. Trabajo final de graduación presentado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Santa Rosa, Argentina: Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa. https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/1573/a_mareva354.pdf?sequence=1&isAllowed=y, 2017.
- Martínez-Sáez, S. J.; Deribew, H. & Entele, T. Contenidos minerales de algunos macro y microelementos en forrajes producidos en Finca Modelo, de la región de Asela, Etiopía. *Rev. prod. anim.* 30 (2):74-76. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79202018000200010, 2018.
- Maruelli, Jesica N. *Valoración nutritiva de los alimentos: importancia de la fibra en la alimentación animal*. Tesis para optar por el grado de Licenciatura en Química. Argentina: Universidad Nacional de la Pampa. https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/2408/x_marval312.pdf?sequence=1&isAllowed=y, 2017.
- Maza, L.; Vergara, O. & Paternina, Elisa Evaluación química y organoléptica del ensilaje de maralfalfa (*Pennisetum* sp.) más yuca fresca (*Manihot esculenta*). *Rev. MVZ Cordoba.* 16 (2):2528-2537. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-02682011000200011&lng=en&tlng=es, 2011.
- McDonald, P.; Henderson, A. R. & Heron, S. *The biochemistry of silage*. Marlow, United Kingdom: Chalcombe Publications, 1992. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0014479700023115>.
- McDowell, L. & Arthington, R. *Minerales para ruminantes en pastoreo en regiones tropicales*. Gainesville, EUA: Centro de Agricultura Tropical, Universidad de Florida, 2005.
- Morales, A.; Rodríguez, R.; Gutiérrez, D.; Elías, A.; Gómez, S. & Sarduy, L. Evaluación de la inclusión de VITAFERT en el valor nutritivo de ensilajes de *Tithonia diversifolia* y *Pennisetum purpureum*. *Cuban J. Agric. Sci.* 50 (4):619-930, http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-34802016000400011, 2016.
- Nava-Berumen, Cynthia A.; Rosales-Serna, R.; Jiménez-Ocampo, R.; Carrete-Carreón, F. Ó.; Domínguez-Martínez, P. A. & Murillo-Ortiz, M. Rendimiento y valor nutricional de tres variedades de sorgo dulce cultivadas en cuatro ambientes de Durango. *Rev. mex. de cienc. pecuarias.* 8 (2):147-155, 2017. DOI: <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i2.4426>.
- Ojeda, F.; Cáceres, O. & Esperance, M. *Conservación de forrajes*. Ciudad de La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1991.
- Ojeda, F.; Montejo, I. L. & López, O. Estudio de la calidad fermentativa de la morera y la hierba de guinea ensiladas en diferentes proporciones. *Pastos y Forrajes.* 29 (2):195-202. <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=713&path%5B%5D=215>, 2006.
- Padilla-Montes, M. A. *Patrones de fermentación y estabilidad aeróbica de ensilaje de sorgo forrajero (Sorghum bicolor M) con diferentes niveles de inclusión de pulpa integral de jicaro (Crescentia alata)*. Trabajo de graduación para optar al grado de Maestro en Ciencias en Producción Animal Sostenible. Managua: Facultad de Ciencia Animal, Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/3857/1/tnq52p123.pdf>, 2018.
- Paytan, L. M.; Sáez, M.; Cordero, A. G.; Contreras, J. L.; Curasma, J.; Tunque, M. *et al.* Efecto de aditivos químicos en la composición del ensilado de avena (*Avena sativa* L.). *Rev. complut. cienc. vet.* 11 (1):69-75, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5209/RCCV.56117>.
- Pinho, R. M. A.; Bezerra, H. F. C.; Santos, E. M.; R., Rosângela C. da S.; Oliveira, Juliana S. de; Freitas, Poliane M. D. *et al.* Sorghum cultivars of different purposes silage. *Ciênc. Rural.* 45 (2):298-303, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20131532>.
- Rojas-Cordero, D.; Alpizar-Naranjo, A.; Castillo-Umaña, M. A. & López-Herrera, M. Efecto de la inclusión de *Musa* sp. en la conservación de *Morus alba* Linn. *Pastos y Forrajes.* 43 (3):202-211. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942020000300210, 2020.
- Sales, F. *Importancia de los minerales para la alimentación de bovinos en Magallanes*. Punta Arenas, Chile: Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA Kampenaike. Informativo No. 7. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/4877>, 2017.
- Sánchez, W. Potencial de los forrajes para producir ensilaje de calidad. *Alc. Tecnol.* 12 (1):49-58, 2018. DOI: <https://doi.org/10.35486/at.v12i1.37>.
- Sánchez, H.; Ochoa, Gloria; Peña, P. & López, A. Evaluación productiva de *Capra hircus* alimentados con ensilado de cascarilla de arroz y *Opuntia ficus*. *Manglar.* 15 (1):3-18. <https://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/view/86>, 2018.
- Sousa, D. O. de. *Alteration of fiber digestibility for ruminants. Effects on intake, performance, and*

- ruminal ecosystem*. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências: Nutrição e Produção Animal. https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10135/tde-18102017-124955/publico/DANNYLO_OLIVEIRA_SOUSA_original.pdf, 2017.
- Van Soest, P. J.; Robertson, J. B. & Lewis, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74 (10):3583-3597, 1991. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2).
- Villalba, Diana K.; Holguin, Vilma A.; Acuña, J. A. & Piñeros-Varon, R. Calidad bromatológica y organoléptica de ensilajes de residuos orgánicos del sistema de producción café-musáceas. *RECIA*. 4 (1):47-52. <http://revistas.ut.edu.co/index.php/ciencianimal/article/view/143>, 2011.
- Xue, Z.; Liu, N.; Wang, Y.; Yang, H.; Wei, Y.; Moriel, P. *et al.* Combining orchardgrass and alfalfa. Effects of forage ratios on *in vitro* rumen degradation and fermentation characteristics of silage compared with hay. *Animals (Basel)*. 10 (1):59, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani10010059>.
- Zema, D. A.; Calabrò, P. S.; Folino, A.; Tamburino, V.; Zappia, G. & Zimbone, S. M. Valorisation of citrus processing waste: A review. *Waste Manage.* 80:252-273, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.09.024>.