

Calidad nutricional de ensilajes mixtos de *Saccharum officinarum* L. y hojas de *Manihot esculenta* Crantz

Nutritional quality of mixed silages of *Saccharum officinarum* L. and leaves from *Manihot esculenta* Crantz

Ángela María Burgos¹ <https://orcid.org/0000-0002-1867-4471>, Miriam Porta² <https://orcid.org/0000-0003-2199-9434>, Claudina María Hack² <https://orcid.org/0000-0003-2149-6204?lang=es> y María Elena Castelan² <https://orcid.org/0000-0003-4684-9539>

¹Cátedra Cultivos III, Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Capital, Argentina. ²Instituto Agrotécnico, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Nordeste. Resistencia, Chaco, Argentina. Correo electrónico: burgosangela@agr.unne.edu.ar

Resumen

Objetivo: Evaluar la inclusión de diferentes proporciones de hojas de *Manihot esculenta* Crantz en la calidad nutricional de ensilajes de *Saccharum officinarum* L. en Argentina.

Materiales y Métodos: Se utilizó un diseño completamente aleatorizado y tres réplicas por cada tratamiento: T1) *M. esculenta* (30 %): *S. officinarum* (70 %); T2) *M. esculenta* (50 %): *S. officinarum* (50 %) y T3) *M. esculenta* (70 %): *S. officinarum* (30 %). A los 60 días del ensilaje se determinó el contenido porcentual de materia seca, proteína bruta, fibra detergente ácida, fósforo, calcio, potasio y magnesio. Se estimó la digestibilidad por fórmula, total de nutrientes digestibles y energía digestible. Se determinaron las características organolépticas y de pH. Se utilizó un análisis de varianza y prueba de Tukey al 0,05 % para la separación de medias entre tratamientos.

Resultados: La proteína bruta tuvo valores entre 8,4 (T1) y 16,0 % (T3). El agregado de 70,0 % de hojas de *M. esculenta* en la mezcla incrementó el valor de la proteína en 90,0 y 25,5 % con respecto a los tratamientos T1 y T2. La fibra detergente ácido fue menor en T3 y, consecuentemente, aumentó la digestibilidad y el total de nutrientes digestibles en este tratamiento con respecto al resto.

Conclusiones: La inclusión de hojas de *M. esculenta* mejoró la calidad nutricional del ensilaje de *S. officinarum*, al incrementarse, proporcional y significativamente, los valores de proteína, la digestibilidad y el total de nutrientes digestibles. El material ensilado mostró un proceso de conservación adecuado.

Palabras clave: microsilos, composición química, valor nutritivo, suplementación, forraje

Abstract

Objective: To evaluate the inclusion of different proportions of leaves from *Manihot esculenta* Crantz in the nutritional quality of *Saccharum officinarum* L. silages in Argentina.

Materials and Methods: A complete randomized design and three replicas per treatment were used: T1) *M. esculenta* (30 %): *S. officinarum* (70 %); T2) *M. esculenta* (50 %): *S. officinarum* (50 %) and T3) *M. esculenta* (70 %): *S. officinarum* (30 %). At 60 days of the silage the percentage content of dry matter, crude protein, acid detergent fiber, phosphorus, calcium, potassium and magnesium, was determined. Digestibility by formula, total digestible nutrients and digestible energy, were estimated. The organoleptic and pH characteristics were determined. A variance analysis and Tukey's test at 0,05 % were used for the separation of means among treatments.

Results: The crude protein had values between 8,4 (T1) and 16,0 % (T3). The aggregation of 70,0 % of *M. esculenta* leaves in the mixture increased the protein value in 90,0 and 25,5 % with regards to treatments T1 and T2. The acid detergent fiber was lower in T3 and, consequently, digestibility and total digestible nutrients increased in this treatment compared with the others.

Conclusions: The inclusion of *M. esculenta* leaves improved the nutritional quality of the *S. officinarum* silage, by increasing, proportionally and significantly, the protein values, digestibility and total digestible nutrients. The ensiled material showed an adequate conservation process.

Keywords: microsilos, chemical composition, nutritional value, supplementation, forage

Introducción

La alimentación de los rumiantes en el subtrópico se basa, principalmente, en la utilización de los pastos nativos como la principal fuente de nutrientes

(López-Herrera *et al.*, 2017). Sin embargo, su rendimiento y la composición nutricional es variable, en dependencia de factores como el cultivar, la edad fisiológica (Elizondo-Salazar, 2017) y las condiciones

Recibido: 14 de marzo de 2021

Aceptado: 26 de mayo de 2021

Como citar este artículo: Burgos, Ángela María; Porta, Miriam; Hack, Claudina María & Castelan, María Elena Calidad nutricional de ensilajes mixtos de *Saccharum officinarum* L. y hojas de *Manihot esculenta* Crantz. *Pastos y Forrajes*. 44:eE15, 2021.

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.

estacionales (Ramírez-de-la-Ribera *et al.*, 2017). En esta región se destaca la insuficiente cantidad y la pobre calidad nutritiva de los forrajes, lo que se debe principalmente a sus bajos contenidos de nitrógeno. En particular, los pastizales del nordeste argentino se caracterizan por su poca calidad, ya que poseen bajo porcentaje de proteína, alto contenido de pared celular lignificada, casi indigestible, y marcado déficit de carbohidratos solubles (Burgos *et al.*, 2019). A esto se adiciona que la producción de forraje durante el año no es constante, y está condicionada por factores ambientales estacionales. En primavera y verano, el recurso forrajero es abundante y de buen valor nutritivo, pero durante la época invernal es de menor calidad y escasa cantidad (Porta *et al.*, 2020).

Esta reducción de la producción durante la época de invierno se conoce comúnmente como bache invernal, situación que reduce la capacidad reproductiva y productiva del ganado. Es por eso que se recomienda el uso de suplementos para evitar, mediante un adecuado suministro de nutrimentos energéticos y proteicos, pérdidas en la condición corporal de los animales y, en casos extremos, la muerte, pues cuando la proteína se aporta en cantidades no adecuadas se desfavorece la producción ganadera (Tagliapietra *et al.*, 2019).

Los suplementos balanceados de precio elevado representan un alto porcentaje de los costos de producción de la zona (Fernández-Gálvez *et al.*, 2018). Esta situación obliga a buscar alternativas tecnológicas para reducir los costos y aumentar la eficiencia de los sistemas ganaderos (Rojas-Cordero *et al.*, 2020). Teniendo en cuenta que las fuentes proteicas concentradas resultan costosas, se ha trabajado en la búsqueda de alternativas que resulten económicas y viables, como son los ensilajes. La confección de ensilajes, sin ocasionar grandes transformaciones en la calidad nutricional, permite conservar el exceso de forraje producido durante la época primavero-estival, para su utilización en la alimentación de los rumiantes durante el período de menor disponibilidad (López Herrera *et al.*, 2017; López Herrera y Briceño-Arguedas, 2017; Rojas-Cordero *et al.*, 2020).

Los sistemas de producción animal, que incluyen árboles y plantas arbustivas, resultan mejores que los que se basan solo en gramíneas, porque sus follajes brindan mayor contenido de proteína en comparación con el de la mayoría de los pastos. Estas plantas se pueden cultivar por los ganaderos en fincas grandes o pequeñas (Cardona-Iglesias *et al.*, 2017). Sin embargo,

si se hace uso de este tipo de recursos, se debe complementar la dieta con fuentes de energía que optimicen el aprovechamiento de los nutrimentos del forraje.

En Argentina, la producción de *Manihot esculenta* Crantz se orienta, exclusivamente, a las raíces, que se destinan a la industria o al consumo fresco de mesa, y se desperdicia la parte aérea, que representa 50 % del peso total de la planta (Burgos, 2018). Para el nordeste del país, la utilización de hojas de yuca con fines forrajeros se propone como una solución sustentable. Estas poseen un contenido de proteína bruta cercano a 22,7 % (en base seca), por lo que podrían pasar de ser un subproducto de la obtención de raíces de la especie, a ser un derivado de alto valor agregado y de alto valor nutricional (Gil-Llanos, 2015). De hecho, el uso de las hojas de yuca se ha difundido en otros países de Latinoamérica, principalmente en Colombia y Brasil, transformándose en productos que poseen un valor agregado en origen.

En la cuenca cañera del nordeste de Argentina, *Saccharum officinarum* L. presenta rendimiento promedio de 40 t de MV ha⁻¹ corte⁻¹, y es un material ideal para ser conservado, por su alta concentración de azúcares solubles, aunque su calidad nutricional está limitada por su bajo contenido de proteína (≤ 3 % PB). Cuando se combina con otros forrajes e ingredientes alimenticios, *S. officinarum* representa una opción nutricional de bajo costo y mayor eficiencia en la producción animal (Fernández-Gálvez *et al.*, 2018).

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la inclusión de diferentes proporciones de hojas de *M. esculenta* en la calidad nutricional de ensilajes de *S. officinarum* en Argentina.

Materiales y Métodos

Ubicación. La investigación se realizó entre mayo y julio de 2018 en el noroeste de la provincia de Corrientes (27°28'27.23"S; 58°47'00.6"O; altitud de 50 msnm), ubicada al noreste de Argentina. Esta provincia es la cuarta en producción ganadera a nivel nacional, con un stock de 4,7 millones de cabezas, donde 60 % del total de productores tiene menos de 100 cabezas y la ganadería bovina ocupa, aproximadamente, 6,3 millones de hectáreas (Ministerio de Producción, 2019). El sitio de experimentación se localizó en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste.

Características climáticas. El clima de la zona se caracteriza por presentar precipitación promedio

anual de 1 300 mm, y temperatura media anual de 21,6 °C. El período libre de heladas es de 340 a 360 días por año y su frecuencia de ocurrencia es de 0,5. Según la clasificación de Köppen modificada, el clima es mesotermal húmedo, designado como Cf w'a (h) (Murphy, 2008).

Características del suelo. El suelo es arenoso, clasificado como *Udipsammentes argico*, familia mixta, hipertérmica. Presenta una granulometría gruesa en superficie y es mediano a débilmente ácido en el horizonte A (Escobar *et al.*, 1994). Son suelos de baja fertilidad, baja capacidad de intercambio catiónico, pero con buenas condiciones físicas para el cultivo de *M. esculenta* y *S. officinarum*, asociadas a su textura arenosa.

Tratamientos y diseño experimental. El diseño utilizado fue completamente aleatorizado, con tres tratamientos y tres repeticiones (tabla 1).

Tabla 1. Proporción (p:p) de hojas de *M. esculenta* y tallos de *S. officinarum* utilizados en cada tratamiento.

Tratamiento	<i>M. esculenta</i> , %	<i>S. officinarum</i> , %
1	30	70
2	50	50
3	70	30

Manejo agronómico de los forrajes. La plantación de *S. officinarum* var. fam 81-77 se encontraba en su tercer año de implantación. La plantación se realizó en surcos simples, distanciados 1,60 m. Se fertilizó con urea, a razón de 100 kg por hectárea y por año, y no recibió riego. Las malezas se controlaron mecánicamente, con surcadores montados en los tres puntos del tractor. Los tallos de *S. officinarum* se cosecharon en la fase de maduración durante mayo.

M. esculenta (cv. Palomita) se plantó en septiembre de 2017, a densidad de 10 000 plantas ha⁻¹, ya que estaban destinadas a la producción de raíces. En el momento de la cosecha, tenía 8 meses de establecida.

De las parcelas cultivadas de cada especie, se cosecharon la totalidad de las plantas que conformaron una muestra compuesta, de la cual se tomaron las cantidades necesarias de hojas de *M. esculenta* y de tallos de *S. officinarum* respectivamente, para poder confeccionar los silos de cada tratamiento.

Para la elaboración de los silos se utilizó la totalidad de las hojas de cada planta de *M. esculenta* (basales, intermedias y apicales), que se separó de los tallos manualmente, con la ayuda de

una herramienta con filo para agilizar el trabajo. De *S. officinarum* se utilizaron los tallos, previamente despuntados, y despojados de las hojas de forma manual para elaborar los silos.

Los silos consistieron en bolsas plásticas, con cierre hermético y peso promedio de 15 kg de forraje fresco.

Los tallos de *S. officinarum* y las hojas de *M. esculenta* se picaron por separado, con tamaño promedio de partícula de 2,5 cm. Se utilizó para ello picadoras estáticas con motor eléctrico. Las mezclas experimentales de ambos componentes se realizaron en base fresca y se hizo en capas de 20 cm, la compactación se hizo con pisones de cemento. Después de retirarles totalmente el aire, las bolsas se sellaron con cinta adhesiva. El lugar de almacenamiento se ubicó en un sitio seco y cubierto. La apertura de los silos se prefijó a los 60 días (DDE), según trabajos previos realizados en la zona por Burgos *et al.* (2019), quienes determinaron la estabilización de silos de composición semejante en ese período de tiempo.

Composición química y nutricional. La composición química y nutricional de los materiales de partida se determinó al inicio del experimento. Al finalizar, se evaluó la composición de las mezclas mediante la toma de alícuotas de diferentes estratos, con el propósito de realizar una muestra compuesta. Se determinó materia seca (% MS) por la diferencia de peso de muestras pesadas en fresco, y después de haber sido secadas en estufas a 65 °C hasta alcanzar peso constante. La composición química se realizó a partir de una digestión nítrica-perclórica, donde se determinó: fósforo (P, %) por método colorimétrico (Chapman y Pratt, 1986); nitrógeno (N, %) según la metodología propuesta por la AOAC (2019); potasio (K, %) por fotometría de llama (Dewis y Freitas, 1970); calcio (Ca, %) y magnesio (Mg, %) por complejometría. La proteína bruta (PB) se calculó por fórmula a partir del contenido de N, al multiplicarlo por el factor de conversión 6,25 (Page *et al.*, 1982). El contenido de fibra detergente ácido (FDA, %) se determinó por el método de Van Soest y Wine (1967). Los parámetros digestibilidad (DIG, %), total de nutrientes digestibles (TND, %) y energía digestible (ED, Mcal/kg de MS) se calcularon mediante las fórmulas propuestas por Undersander *et al.* (1993), donde:

$$\text{DIG} = 88,9 - (\% \text{ FDA} \times 0,779)$$

$$\text{TND} = 96,35 - (\% \text{ FDA} \times 1,15)$$

$$\text{ED} = 0,04409 \times \text{TND}$$

Calidad fermentativa de los ensilajes. La calidad fermentativa de los ensilajes se determinó a partir del

pH (relación 2,5:1 en agua), según Dewis y Freitas (1970). La valoración organoléptica se realizó de acuerdo con la tabla de indicadores propuesta por Sanchez-Ledezma (2018), con modificaciones en la escala de color, adaptada a las mezclas de los materiales procesados.

Análisis estadístico. Con los resultados obtenidos se calcularon las medias aritméticas y los errores estándar. Se efectuó un análisis de varianza (ANOVA) de las variables estudiadas, con previa verificación de los criterios de normalidad según el test de *Shapiro-Wilks*. Las medias se compararon mediante el test de comparación de rangos múltiples de Tukey, para un nivel de significación de $p < 0,05$. El paquete estadístico utilizado fue InfoStat®, versión profesional 2020 (Di-Rienzo *et al.*, 2019).

Resultados y Discusión

Composición química del material forrajero. La tabla 2 muestra los resultados del análisis químico y nutricional de los materiales que conformaron los ensilajes.

Con respecto a las hojas de *M. esculenta*, se obtuvo 21,8 % de MS (tabla 2), valor similar al que informan Burgos *et al.* (2019) en distintas variedades. Estos autores determinaron que puede haber ciertas variaciones en el porcentaje de MS de las distintas fracciones de la planta, siendo mayor en el tercio inferior. Algunos expertos consideran aprovechable para la alimentación animal solamente el tercio superior del follaje, ya que es más rico desde el punto de vista nutricional (Martínez-Viloria, 2019). No obstante, es factible aprovechar la totalidad de las hojas de la planta en el momento de la cosecha de las raíces para evitar su desperdicio y hacer un uso integral de ella.

Una característica destacable de las hojas de *M. esculenta* es su contenido de PB, que en este ensayo fue superior a 20 % (tabla 2), razón por la que se utilizó para mejorar la calidad nutricional de los silos de *S. officinarum*. Otra característica relevante es la concentración de minerales, como P, K y Ca, que en este estudio fue prácticamente el doble que la de los tallos de *S. officinarum* (tabla 2). La calidad de hojas de *M. esculenta* puede variar de acuerdo con el ambiente, el cultivar y el manejo nutricional del lote donde se encuentren establecidas. Por ello es importante conocer las características del material utilizado para la confección de los silos (Burgos *et al.*, 2019).

S. officinarum también puede presentar variaciones en su composición química, que dependen de la interacción entre la edad del rebrote y la fracción de la planta que se analice. Particularmente, el contenido de MS responde a estos indicadores, pero para el contenido de P y K se adiciona también la dependencia en relación a la variedad (Fernández-Gálvez *et al.*, 2018). Con respecto al trabajo de Lagos-Burbano y Castro-Rincón (2019), el contenido de PB de *S. officinarum* fue bajo, y no superó 3 % de la MS, mientras que los valores de digestibilidad sí coincidieron con los informados por los autores citados.

Evaluación de los ensilajes. En cuanto a la evaluación organoléptica, todos los ensilajes presentaron un olor agradable a fruta madura, así como un color verde en diferentes tonalidades, según la proporción de los materiales originales en las mezclas. La textura fue bien definida, con fácil separación de los componentes en todos los silos, por lo que se consideraron ensilajes de óptima calidad. Si bien los indicadores organolépticos constituyen

Tabla 2. Composición química de hojas de *M. esculenta* y tallos de *S. officinarum* utilizados para la confección de los silos.

Variable	Hojas de <i>M. esculenta</i>	Tallos de <i>S. officinarum</i>
MS, %	21,8	27,7
PB, %	21,7	2,9
FDA, %	31,9	26,4
DIG, %	61,7	68,5
P, %	0,3	0,1
K, %	1,1	0,6
Ca, %	2,7	1,4
Mg, %	0,3	0,3
TND, %	64,6	62,1
ED, Mcal/kg de MS	2,8	2,7

PB: proteína bruta, FDA: fibra detergente ácido, DIG: digestibilidad, TND: total de nutrientes digestibles, ED: energía digestible

una valoración subjetiva de la calidad de un ensilaje a través de los sentidos, se han convertido en la alternativa de evaluación más utilizada y práctica (Sanchez-Ledezma, 2018).

Durante el proceso de conservación se producen transformaciones que definen la calidad fermentativa del silo, y se considera que el pH es uno de los cambios más radicales que ocurren (Sanchez-Ledezma, 2018). El pH de las mezclas ensiladas hasta la proporción 50:50, no mostró diferencias significativas ($p < 0,01$), con un promedio de 3,6 para T1 y T2. Sin embargo, en T3, con 70 % de hojas de *M. esculenta* en la mezcla, el pH se incrementó de manera significativa, y alcanzó un valor de 3,7 (tabla 3). Estos cambios pueden estar relacionados con los incrementos que presentan las plantas arbustivas, como *M. esculenta*, en la capacidad buffer con respecto a las gramíneas (Alpizar *et al.*, 2014). A pesar de estas diferencias, en todos los tratamientos el pH fue inferior a 4, lo que indica que el proceso de fermentación se desarrolló de manera satisfactoria (Sanchez Ledezma, 2018).

El contenido de MS de los silos no se diferenció entre tratamientos, y como promedio fue de 22,7 %, valor inferior al mínimo de 25 % señalado por Sanchez Ledezma (2018). El tratamiento con la mayor proporción de hojas de *M. esculenta* (T3) fue el que más se aproximó a los valores recomendados, lo que lo posiciona como el más adecuado de los tres, con 24,43 % (tabla 3).

La PB de los ensilajes mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) en proporción directa al

incremento de la proporción de hojas de *M. esculenta* en los ensilajes. Esto permite considerar que la inclusión de las hojas de esta planta en mezclas con *S. officinarum* es apropiada para la suplementación de los rumiantes, como complemento de una dieta balanceada. Los resultados del T1 coinciden con estudios previos, publicados por Burgos *et al.* (2019).

Con respecto al contenido proteico, se estima que la concentración menor de 7 % de este nutriente podría generar deficiencias en el metabolismo del nitrógeno en el rumen, ya que se reduce el valor de este elemento en la dieta, lo que compromete el adecuado funcionamiento del rumen (Rojas-Cordero *et al.*, 2020). De los tratamientos evaluados, ninguno presentó concentraciones de PB menores a 7 %. Se destacó el tratamiento T3, que alcanzó cifras cercanas (16,0 %) a las de los concentrados energético-proteicos, y muy superiores a los ensilajes tradicionales de *Zea mays* L., girasol (*Helianthus annuus* L.) y otras gramíneas (Pereira *et al.*, 2007; De-León y Giménez, 2019).

A los 60 días de ensilado, el contenido de FDA se incrementó con respecto al material original (tablas 2 y 3). En otros trabajos, realizados con silos de *S. officinarum* pura, y en silos de leñosas forrajeras, también se encontraron incrementos en el contenido de FDA, luego de ser ensilados (Aguirre *et al.*, 2010; Roa y Galeano, 2015). En los silos, la inclusión de hasta 50 % de hojas de *M. esculenta* (T1 y T2) no produjo cambios significativos en FDA (%). Sin embargo, con 70 % de hojas de *M. esculenta* (T3)

Tabla 3. Composición química del material ensilado a los 60 días para los tratamientos evaluados.

Variable	Tratamiento <i>M. esculenta</i> : <i>S. officinarum</i>			EE ±	Valor - P
	T1-30:70	T2-50:50	T3-70:30		
MS, %	21,6	22,2	24,4	0,720	0,067
pH	3,6 ^a	3,6 ^a	3,7 ^b	0,020	0,007
PB, %	8,4 ^a	12,8 ^b	16,0 ^c	0,540	0,003
FDA, %	47,5 ^b	45,3 ^b	38,3 ^a	0,920	0,024
DIG, %	51,9 ^a	53,6 ^a	59,1 ^b	0,710	0,024
TND, %	47,8 ^a	51,1 ^b	57,7 ^c	0,710	0,024
ED, Mcal/kg de MS	2,1 ^a	2,3 ^b	2,5 ^c	0,030	0,024
P, %	0,2 ^a	0,2 ^b	0,2 ^b	0,010	0,010
K, %	1,0 ^a	1,1 ^b	1,1 ^b	0,020	0,010
Ca, %	2,0	2,0	2,0	0,190	0,974
Mg, %	0,3	0,3	0,3	0,030	0,443

Letras diferentes en filas: medias que difieren significativamente para Tukey $p \leq 0,05$

PB: proteína bruta, FAD: fibra detergente ácido, DIG: digestibilidad, TND: total de nutrientes digestibles, ED: energía digestible

se produjo disminución significativa del contenido de FDA y, por consiguiente, aumentó la digestibilidad, lo que representa un beneficio para la alimentación de los animales.

En cuanto al TND, se registraron valores entre 47,8 y 57,7 % para T1 y T3, respectivamente. El valor del TND del T3 fue superior al promedio de un silaje de alfalfa, según lo referido por Gallardo (2015). La ED alcanzó cifras entre 2,1 y 2,5 Mcal/kg de MS para T1 y T3, respectivamente. Los contenidos de TND y ED se incrementaron significativamente, en proporción directa con el incremento del contenido de hojas de *M. esculenta* en la mezcla ensilada.

El proceso de ensilaje aumentaría la cantidad de nutrientes que son aprovechables por el animal (López-Herrera *et al.*, 2017). Semejantes resultados informaron Rojas-Cordero *et al.* (2020) en evaluaciones de ensilajes con especies tropicales (*Musa sp.* y *Morus alba* L.).

Se destaca el porcentaje de P en los silos, que fue de 0,2 %; por lo que se encontró por encima de los valores promedio citados por Mufarrege (1999) en los pastizales de la región oriental de la provincia de Corrientes, que no superan 0,1 % en MS.

Lagos-Burbano y Castro-Rincón (2019) destacaron la baja digestibilidad de *S. officinarum*, y la consideraron un forraje de calidad regular, por lo que recomiendan su suministro acompañado de una fuente de proteína y de minerales.

En consideración a lo anterior, los resultados de este estudio muestran el aporte de las hojas de *M. esculenta* a los ensilajes de *S. officinarum*, por lo que se puede ensilar exitosamente para suplementar deficiencias nutricionales de la ganadería del nordeste argentino. Inclusive, estudios más específicos, demuestran que las altas tasas de ganancia de peso, registradas al proporcionar el follaje de *M. esculenta* como fuente única de proteína y fibra en la dieta, indican que es muy probable que parte de la proteína del follaje de *M. esculenta* se escape de la fermentación ruminal y funcione, al menos parcialmente, como fuente de proteína sobrepasante (Preston *et al.*, 1999; Vera-Arteaga *et al.*, 2019).

El follaje de *M. esculenta*, además de poseer alto valor nutritivo, es muy bien aceptado por los animales, según observaciones realizadas en Argentina por Uset (2009). En correspondencia con señalado por Alpízar *et al.* (2014), la elaboración de ensilajes mixtos tiene la ventaja de aprovechar, de manera simultánea, los rendimientos y el potencial fermentativo de las gramíneas, unido a los mayores niveles de proteína que presentan las plantas arbustivas, lo que permite obtener un ensilaje de mayor calidad.

Conclusiones

La incorporación de hojas de *M. esculenta* en el ensilaje de *S. officinarum* incrementó su valor nutricional, ya que mejoró los contenidos de proteína y disminuyó el componente fibroso. La inclusión de 70 % de hojas de *M. esculenta* resultó el mejor tratamiento, ya que alcanzó además un pH adecuado para conservar el material y un contenido de materia seca más próximo al recomendado.

Agradecimientos

Se agradece a la Secretaría General de Ciencia de la Universidad Nacional del Nordeste por el financiamiento otorgado para la ejecución de esta investigación mediante el PI A18/001. Además, se expresa gratitud a los estudiantes de grado de la carrera de Ingeniería Agronómica de la UNNE, Srta. Deborah Alarcón y Sr. Emmanuel Valussi, por la colaboración prestada en el trabajo de campo y de laboratorio, respectivamente.

Contribución de los autores

- Ángela María Burgos. Concibió la investigación, organizó las ideas para su materialización, estableció el diseño y el montaje de los experimentos, realizó la búsqueda bibliográfica y la redacción del manuscrito.
- Miriam Porta. Realizó la toma y el procesamiento de los datos (análisis químicos). Además, buscó bibliografía y participó en la redacción y los arreglos del manuscrito.
- Claudina María Hack. Realizó la toma y el procesamiento de los datos (análisis químicos). Además, buscó bibliografía y participó en la redacción y los arreglos del manuscrito.
- María Elena Castelán. Participó en el asesoramiento de la investigación, tomó parte en los arreglos del manuscrito y en la búsqueda bibliográfica.

Conflicto de intereses

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

Referencias bibliográficas

- Aguirre, J.; Magaña, R.; Martínez, S.; Gómez, A.; Ramírez, J. C.; Barajas, R. *et al.* Caracterización nutricional y uso de la caña de azúcar y residuos transformados en dietas para ovinos. *Zootecnia Trop.* 28 (4):489-498. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692010000400005&lng=es&tlng=es, 2010.
- Alpízar, A.; Camacho, M. I.; Sáenz, C.; Campos, M. E.; Arece, J. & Esperance, M. Efecto de la inclusión de diferentes niveles de morera (*Morus alba*) en la calidad nutricional de ensilajes de sorgo (*Sorghum alatum*). *Pastos y Forrajes.* 37 (1):55-60. <https://www.redalyc.org/pdf/2691/269131241007.pdf>, 2014.

- AOAC. *Official methods of analysis*. Rockville, USA: AOAC International, 2019.
- Burgos, Ángela M. Estado actual del cultivo de mandioca en la República Argentina. *Agrotecnia (Chaco, Argentina)*. 27:14-18, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.30972/agr.0273482>.
- Burgos, Ángela M.; Porta, Miriam; Hack, Claudina M. & Castelan, María E. Aptitud forrajera de hojas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y su aporte a la calidad nutricional de microsilos de caña de azúcar. *Rev. Vet., Argentina*. 30 (2):73-81. <http://vet.unne.edu.ar/>, 2019.
- Cardona-Iglesias, J. L.; Mahecha-Ledesma, Liliana & Angulo-Arizala, J. Efecto sobre la fermentación *in vitro* de mezclas de *Tithonia diversifolia*, *Cenchrus clandestinum* y grasas poliinsaturadas. *Agron. Mesoam*. 28 (2):405-426, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.15517/ma.v28i2.25697>.
- Chapman, H. D. & Pratt, P. F. *Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas*. México: Editorial Trillas, 1986.
- De León, M. & Giménez, R.A. Ensilajes de sorgo y maíz: rendimiento, composición, valor nutritivo y respuesta animal. 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.
- Dewis, J. & Freitas, F. *Métodos físicos y químicos de análisis de suelos y aguas*. Roma: FAO. Boletín No. 10, 1970.
- Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, Mónica G.; Gonzalez, Laura; Tablada, Margot & Robledo, C. W. *InfoStat versión 2019*. Córdoba, Argentina: Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. <http://www.infostat.com.ar>, 2019.
- Elizondo-Salazar, J. A. Producción de biomasa y calidad nutricional de tres forrajes cosechados a dos alturas. *Agron. Mesoam*. 28 (2):329-340, 2017. DOI: <https://doi.org/10.15517/ma.v28i2.23418>.
- Escobar, E. H.; Ligier, D.; Melgar, M.; Matteio, H. & Vallejos, O. *Mapa de suelos de los Departamentos de Capital, San Cosme e Itatí de la provincia de Corrientes, Argentina*. Argentina: INTA, ICA, CFI, 1994.
- Fernández-Gálvez, Y.; Pedraza-Olivera, R. M.; Llanes-Díaz, Ailsa; Hermida-Baños, Y.; Torres-Varela, Isabel C.; Montalván-Delgado, J. *et al.* Indicadores de la composición química en caña de azúcar según edad de rebrote, cultivar y fracción de la planta. *Rev. prod. anim.* 30 (1):1-7. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79202018000100001&lng=es&tlng=es, 2018.
- Gallardo, M. *Forrajes conservados. Aspectos nutricionales y diagnóstico de calidad*. <https://www.forrtec.com.ar/uploads/54-20150204190745-pdfEs.pdf>, 2015.
- Gil-Llanos, J. *Uso de yuca en la alimentación animal*. Cali, Colombia: Corporación Clayuca. http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_CIAT/Digital/67460_Uso_de_la_yuca_en_alimentaci%C3%B3n_animal.pdf, 2015.
- Lagos-Burbano, Elizabeth & Castro-Rincón, E. Caña de azúcar y subproductos de la agroindustria azucarera en la alimentación de rumiantes. *Agron. Mesoam*. 30 (3):917-934, 2019. DOI: <https://dx.doi.org/10.15517/am.v30i3.34668>.
- López-Herrera, M. & Briceño-Arguedas, E. Efecto de la especie de leguminosa y la fuente de carbohidratos en la calidad física y química de mezclas para ensilaje. *Nutr. Anim. Trop.* 11 (1):52-73, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.15517/nat.v11i1.29605>.
- López-Herrera, M.; Rojas-Bourrillon, A. & Zumbado-Ramírez, C. Características nutricionales y fermentativas de ensilados de pasto Camerún con plátano Pelipita. *Agron. Mesoam*. 28 (3):629-642, 2017. DOI: <https://doi.org/10.15517/ma.v28i3.25237>.
- Martínez-Viloria, F. *Yuca forrajera para la alimentación bovina*. Argentina: Ministerio de Producción de Corrientes. <https://infopastosyforrajes.com/suplementacion/yuca-forrajera-para-la-alimentacion-bovina/>, 2019.
- Ministerio de Producción. Sector ganadero. Corrientes, Argentina: Ministerio de Producción de Corrientes. <http://www.mptt.gov.ar>, 2019.
- Mufarrege, D. J. *Los minerales en la alimentación de vacunos para carne en la Argentina*. Corrientes, Argentina: Public. Divulg. Téc., INTA Mercedes. https://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/60-minerales_en_la_alimentacion_vacunos.pdf, 1999.
- Murphy, G. M., Ed. *Atlas Agroclimático de la Argentina*. Buenos Aires: Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, 2008.
- Page, A. L.; Miller, R. H. & Keeney, Y. *Methods of soil analysis, chemical and microbiological properties*. Madison, USA: Soil Sci. Soc. Am. Cap. 2, 1982.
- Pereira, L. G.; Gonçalves, L. C.; Rodriguez, N. M. & Tomich, T. R. Ensilaje de girasol como opción forrajera. *Jornada sobre Producción y Utilización de Ensilajes*. Brasil: EMBRAPA. http://www.cpatas.embrapa.br/public_electronica/downloads/OPB1719.pdf, 2007.
- Porta, Miriam; Burgos, Ángela M.; Castelán, María E. & Hack, Claudina M. Uso forrajero del follaje de mandioca: un cambio de paradigma productivo para un cultivo tradicional del NEA. *Agrotecnia*. 29:50-54, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.30972/agr.0294520>.
- Preston, T. R.; Rodríguez, L.; Nguyen, V. L. & Le, H. C. *El follaje de la yuca (Manihot esculenta Crantz) como fuente de proteína para la producción animal en sistemas agroforestales*. Conferencia electrónica "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica". Roma: FAO. 1999.
- Ramírez-de-la-Ribera, J. L.; Zambrano-Burgos, D. A.; Campuzano, Janeth; Verdecia-Acosta, D. M.; Chacón-Marcheco, E.; Arceo-Benítez, Y. *et al.* El clima

- y su influencia en la producción de los pastos. *REDVET*. 18 (6):1-12. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63651420007>, 2017.
- Roa, María L. & Galeano, J. R. Calidad nutricional y digestibilidad *in situ* de ensilajes de cuatro leñosas forrajeras. *Pastos y Forrajes*. 38 (4):431-440. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942015000400007, 2015.
- Rojas-Cordero, D.; Alpizar-Naranjo, A.; Castillo-Umaña, M. Á. & López-Herrera, M. Efecto de la inclusión de *Musa* sp. en la conservación de *Morus alba* Linn. *Pastos y Forrajes*. 43 (3):210-219. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942020000300210, 2020.
- Sanchez-Ledezma, W. Potencial de los forrajes para producir ensilajes de calidad. *Revista Alcances Tecnológicos*. 12 (1):49-58, 2018. DOI: <https://doi.org/10.35486/at.v12i1.37>.
- Tagliapietra, Bruna L.; Silva, Maritiele N. da; Freitas, C. P. de O. de; Richards, Neila S. P. dos S. & Zanon Jr., A. Teores de proteína em silagem de yuca elaboradas a partir de cultivares de mesa e forragem. *Agroecossistemas*. 11 (2):181-194, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.18542/ragros.v11i2.7299>.
- Undersander, D.; Combs, D. & Shaver, J. R. Milk per acre spreadsheet for combining yield and quality into a single term. *J. Prod. Ag*. 6:231-235. <https://fyi.extension.wisc.edu/forage/files/2016/11/Milk-2016-Combining-Yield-and-Quality-into-a-Single-Term-2.pdf>, 1993.
- Uset, O. A. Utilización de raíces y parte aérea de mandioca en la alimentación animal. *Informe Técnico EEA-INTA Montecarlo*. 62. Misiones, Argentina. p. 15-17, 2009.
- Van Soest, P. J. & Wine, R. H. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. *J. Assn. Offic. Anal. Chem.* 50:50-55, 1967. DOI: <https://doi.org/10.1093/jaoac/50.1.50>.
- Vera-Arteaga, T. A.; Zambrano-Vélez, María I. & Muñoz-Murillo, J. P. Raciones suplementarias con follaje de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en la alimentación de vacas lecheras Brown Swiss. *ProSciences*. 3 (19):10-15, 2019. DOI: <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol3iss19.2019pp10-15>.