

Evaluación agronómica de forrajes con inclusión de enmienda dolomita en Nariño, Colombia Agronomic evaluation of forages with inclusion of dolomite amendment in Nariño, Colombia

Jenny Jackeline Zapata-Molina¹ <https://orcid.org/0000-0002-4259-5538>, Paola Andrea Portillo-Lopez¹ <https://orcid.org/0000-0003-1189-9173>, Diego Hernán Meneses-Buitrago¹ <https://orcid.org/0000-0003-3033-3079>, Elizabeth Lagos-Burbano² <https://orcid.org/0000-0002-5098-9908>, Edwin Castro-Rincón¹ <https://orcid.org/0000-0001-9841-8242>

¹Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA, Colombia. ²Universidad de Nariño, Calle 18, Cr. 50, Ciudadela Universitaria, Torobajo, Pasto, Colombia. Correo electrónico: ecastro@agrosavia.co

Resumen

Objetivo: Evaluar el efecto de la enmienda dolomita en el rendimiento de forraje en época de altas y de bajas precipitaciones en Nariño, Colombia.

Materiales y Métodos: Se desarrolló un ensayo en el centro de investigación Obonuco (AGROSAVIA). Se utilizó un diseño de parcelas divididas en bloques completos al azar, con 18 tratamientos y tres repeticiones, para un total de 54 unidades experimentales. Se evaluó el forraje verde, la materia seca y el pH. Se realizó análisis de varianza y se aplicó la prueba de Tukey para establecer diferencias significativas ($p \leq 0,05$). La información obtenida se analizó mediante el programa R V.3.6.1.

Resultados: En época de altas precipitaciones se hallaron diferencias significativas ($p < 0,001$) para el rendimiento del forraje verde y de materia seca, a favor de la asociación de *Dactylis glomerata* L. + *Trifolium repens* L. + *Trifolium pratense* L., con valores de 1 817 y 2 922 kg ha⁻¹, respectivamente. En la época de bajas precipitaciones, se encontraron diferencias ($p < 0,05$) para los rendimientos del forraje verde y de materia seca. La mezcla de *Lolium perenne* L + *T. repens* mostró valores de 13 312,2 kg ha⁻¹ y 2 501,3 kg ha⁻¹ respectivamente. En el periodo evaluado no se observaron diferencias para el pH entre los tratamientos.

Conclusiones: Para las épocas de altas y bajas precipitaciones, las asociaciones con *D. glomerata* + *T. repens* + *T. pratense* y *L. perenne* + *T. repens* favorecieron los rendimientos a la edad de cosecha de 35 días.

Palabras clave: dolomita, gramíneas, leguminosas, forraje verde

Abstract

Objective: To evaluate the effect of dolomite amendment on the forage yield in the rainy and dry season in Nariño, Colombia.

Materials and Methods: A trial was conducted at the Obonuco research center (AGROSAVIA). A split-plot design in complete randomized blocks was developed, with 18 treatments and three repetitions, for a total of 54 experimental units. The green forage, dry matter and pH, were evaluated. Variance analysis was carried out and Tukey's test was applied to establish significant differences ($p \leq 0,05$). The obtained information was analyzed through the program R V.3.6.1.

Results: In the rainy season significant differences ($p < 0,001$) were found for the green forage and dry matter yield, in favor of the association of *Dactylis glomerata* L. + *Trifolium repens* L. + *Trifolium pratense* L., with values of 1 817 and 2 922 kg ha⁻¹, respectively. In the dry season, differences ($p < 0,05$) were found for the green forage and dry matter yields. The mixture of *Lolium perenne* L + *T. repens* showed values of 13 312,2 kg ha⁻¹ and 2501,3 kg ha⁻¹ respectively. In the evaluated period no differences were observed for pH among the treatments.

Conclusions: For the rainy and dry seasons, the associations of *D. glomerata* + *T. repens* + *T. pratense* and *L. perenne* + *T. repens* favored the yields at the harvest age of 35 days.

Keywords: dolomite, grasses, legumes, green forage

Introducción

En el mundo, la zona tropical representa 20 % de la tierra, y 40 % de la tierra útil para el ser humano. Adicionalmente, el clima que proporciona la zona tropical favorece la agrobiodiversidad y soporta la

alimentación de más del 40 % de la población mundial. Por esta razón, el trópico representa una alternativa para la producción de alimentos de origen animal. Los pastos y forrajes constituyen la base alimentaria de los animales en esta región, aunque

Recibido: 12 de agosto de 2020

Aceptado: 15 de febrero de 2021

Como citar este artículo: Zapata-Molina, Jenny J.; Portillo-Lopez, Paola A.; Meneses-Buitrago, D. H.; Lagos-Burbano, Elizabeth & Castro-Rincón, E. Evaluación agronómica de forrajes con inclusión de enmienda dolomita en Nariño, Colombia. *Pastos y Forrajes*. 44 (1):345-351, 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.

presentan alta producción de biomasa, se produce de forma estacional (UNEP-WCMC, 2016).

El trópico colombiano se caracteriza por ser una zona con lluvias abundantes y frecuentes en varias épocas del año. En esta región, más del 85 % de los suelos destinados a la producción de forraje se clasifican como ácidos (Malagón-Castro, 2003).

En Colombia, la producción agropecuaria se ha desarrollado con especies vegetales introducidas, generalmente no adaptadas a las condiciones de la región, altamente dependientes de insumos, y a las que se les han aplicado técnicas inapropiadas, lo que ha ocasionado suelos agotados, erosionados y muy ácidos, condiciones que limitan la producción de los pastos (Moncada-González *et al.*, 2016).

Con algunas excepciones, el mejor rango de pH para el crecimiento de la mayoría de las plantas se encuentra entre 5,5 y 6,5 para algunos raigrases en especial y, principalmente, para las leguminosas (Cobo-Lemos, 2003). Con el fin de asegurar las condiciones requeridas por estas especies, los productores han invertido grandes cantidades de dinero en el intento de cambiar las condiciones de acidez en los suelos destinados a la siembra, y así adaptarlos para sostener los cultivos altamente exigentes en pH (Moncada-González *et al.*, 2016).

La acidez del suelo se corrige con la aplicación de cal. En la mayor parte de los casos, el encalado incrementa los contenidos de Ca, Mg y P del forraje, especialmente cuando se hace con cal dolomítica (Villaneda-Vivas y Sánchez-Matta, 2009).

La aplicación de dosis crecientes de cal incrementa los valores de pH y la producción de biomasa, independientemente de la especie forrajera (Combatt *et al.*, 2008).

El área dedicada a la producción de forraje es de 10 103 ha. De estas, 20,2 % corresponde a *Lolium perenne* L.; 27,5 % a forrajes naturales o naturalizados; 36,4 % a mezclas de pastos naturalizados, como *Dactylis glomerata* L., *Cenchrus clandestinus* (Chiov.) Morrone y *Halcus lanatus* L. En menor porcentaje (15,9 %) se hallan praderas de *Medicago sativa* L., *Phalari*, *Trifolium pratense* L. y *Trifolium repens* L. en mezcla con los pastos mencionados. Según Mejía-Zambrano (2012), en el uso de las praderas existen deficientes prácticas de manejo y baja tecnificación.

A partir de estas condiciones, con el propósito de ofrecer una recomendación que garantice el adecuado uso de la enmienda, y que no genere la pérdida de recursos económicos por la aplicación de la dosis inadecuada, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la enmienda dolomita en el

rendimiento de forraje en las épocas de altas y bajas precipitaciones, en Nariño, Colombia.

Materiales y Métodos

Localización. El estudio se realizó entre diciembre de 2017 y septiembre de 2018, en el centro de investigación Obonuco, propiedad de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). La instalación está ubicada en el municipio de Pasto, Nariño, Colombia, a 2 905 msnm (1° 88' 918" N y 77° 306' 083" W).

Características edafoclimáticas. La precipitación promedio anual de la región es de 1 273 mm y la temperatura promedio de 13,8 °C. El origen de sus suelos es de ceniza volcánica y pertenecen al grupo textural franco arenoso (Climate-Data.org, 2018). Existen en esta zona dos épocas definidas (figura 1): de altas precipitaciones (marzo, abril y mayo) y de bajas (junio, julio y agosto).

Diseño experimental y tratamientos. El experimento se estableció mediante un diseño de parcelas divididas en bloques completos al azar, con 18 tratamientos y tres repeticiones, para 54 unidades experimentales en total. En la parcela principal se evaluó el efecto de seis mezclas de gramíneas y leguminosas y en las subparcelas, el de tres dosis de enmienda (10, 5 y 2 t). Cada unidad experimental tuvo una dimensión de 9 m² para un área total de 760,5 m². Los tratamientos resultaron de la interacción de los dos factores (tabla 1).

Procedimiento experimental. Se establecieron seis tipos de forraje (tabla 2), compuestos por *L. perenne*, Tetrablend 260 (mezcla comercial conformada por 30 % *L. perenne* anual tetraploide; 50 % *L. perenne* híbrido tetraploide, 10 % *D. glomerata* y 10 % *T. pratense*) y *D. glomerata*, con las leguminosas *T. repens* y *T. pratense*. Se utilizaron además, tres dosis de enmienda dolomita, que es una combinación de carbonato de calcio y magnesio [CaMg(CO₃)₂]. Se establecieron dosis de 10, 5 y 2 t ha⁻¹. La segunda dosis se determinó sobre la base de los resultados del análisis de suelos, y las otras dos de acuerdo con los ensayos realizados en Nueva Zelanda por Edmeades *et al.* (2012).

La preparación del terreno se hizo con dos pases de cincel vibratorio y dos de rastra pesada. Se aplicó cal dolomita de acuerdo con las dosis establecidas (10, 5 y 2 t) por unidad experimental y se incorporó por un mes, aproximadamente. La fertilización se realizó de forma manual, de manera fraccionada, en el momento de la siembra, con 50 kg de P₂O₅ ha⁻¹. Cinco meses después se aplicó 150 kg de

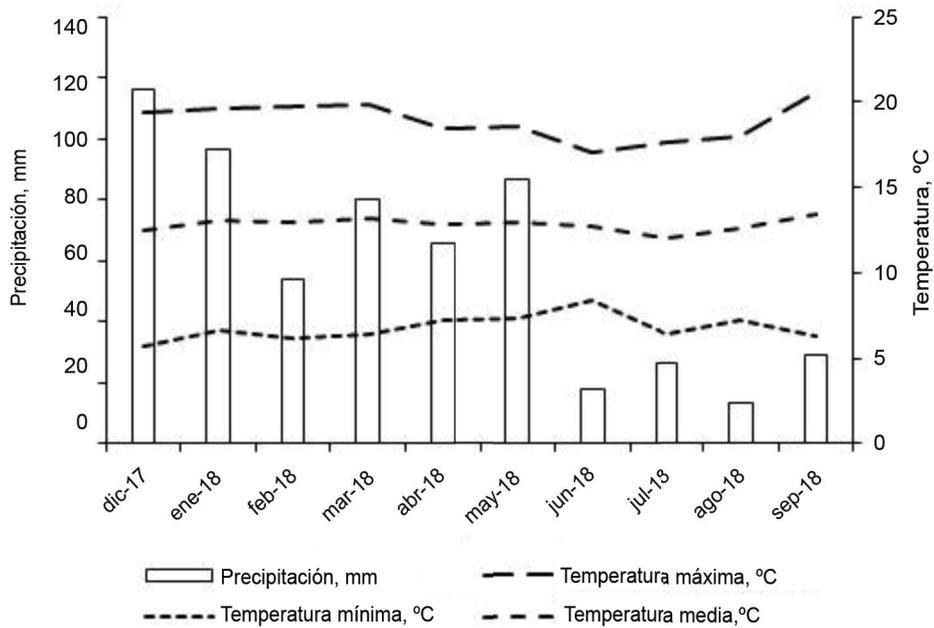


Figura 1. Precipitación acumulada y temperatura en diciembre, durante el estudio.
Fuente: Estación Vintage pro 2, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). Pasto, Colombia

Tabla 1. Tratamientos evaluados.

| Tratamiento | Dosis de Ca Mg(CO ₃) ₂ , t | Forrajes |
|-------------|---|---|
| T1 | 10 | <i>L. perenne</i> |
| T2 | 10 | <i>L. perenne</i> + <i>T. repens</i> L |
| T3 | 10 | <i>L. perenne</i> + <i>T. pratense</i> L |
| T4 | 10 | <i>L. perenne</i> + <i>T. repens</i> + <i>T. pratense</i> |
| T5 | 10 | <i>D. glomerata</i> L + <i>T. repens</i> + <i>T. pratense</i> |
| T6 | 10 | Mezcla comercial (Tetrand 260) |
| T7 | 5 | <i>L. perenne</i> |
| T8 | 5 | <i>L. perenne</i> + <i>T. repens</i> L |
| T9 | 5 | <i>L. perenne</i> + <i>T. pratense</i> L |
| T10 | 5 | <i>L. perenne</i> + <i>T. repens</i> + <i>T. pratense</i> |
| T11 | 5 | <i>D. glomerata</i> + <i>T. repens</i> + <i>T. pratense</i> |
| T12 | 5 | Mezcla comercial (Tetrand 260) |
| T13 | 2 | <i>L. perenne</i> |
| T14 | 2 | <i>L. perenne</i> + <i>T. repens</i> |
| T15 | 2 | <i>L. perenne</i> + <i>T. pratense</i> |
| T16 | 2 | <i>L. perenne</i> + <i>T. repens</i> + <i>T. pratense</i> |
| T17 | 2 | <i>D. glomerata</i> + <i>T. repens</i> + <i>T. pratense</i> |
| T18 | 2 | Mezcla comercial (Tetrand 260) |

Tabla 2. Forrajes anuales y perennes *L. perenne*, Tetrablend 260 (mezcla comercial) y *D. glomerata*, con las leguminosas *T. repens* y *T. pratense* y densidades de siembra (kg ha^{-1}).

| Mezcla | <i>L. perenne</i> | <i>T. repens</i> | <i>T. pratense</i> | <i>D. glomerata</i> | Tetrablend 260 |
|--------|-------------------|------------------|--------------------|---------------------|----------------|
| 1 | 28 | 3 | - | - | - |
| 2 | 28 | - | 6 | - | - |
| 3 | 28 | 3 | 6 | - | - |
| 4 | - | 3 | 6 | 25 | - |
| 5 | - | - | - | - | 30 |
| 6 | 28 | - | - | - | - |

N ha^{-1} , 50 kg de $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$, 40 kg de $\text{K}_2\text{O ha}^{-1}$, 30 kg de Mg ha^{-1} y 30 kg de S ha^{-1} . El riego se llevó a cabo teniendo en cuenta el balance hídrico mensual. Las láminas de agua se aplicaron mediante un riego estacionario sobre ruedas (NUMEDIC). Como fuente hídrica se utilizó el agua superficial de una quebrada tipo torrencial.

Variables evaluadas. Para medir las variables se adaptó la metodología de Toledo (1982), con frecuencia de 15 días. Se evaluó el rendimiento del forraje verde (FV) y de la materia seca (MS) y el pH.

Rendimiento de FV, kg ha^{-1} . En los tres ciclos de evaluación, para determinar el rendimiento del forraje verde se realizó un corte a los 35 d. Se cortó el forraje presente dentro de un marco aforador de $0,25 \text{ m}^2$ y se pesó en una balanza digital, marca VIBRA modelo AB3202.

Rendimiento de MS, kg ha^{-1} . De cada muestra de forraje verde, se tomó una submuestra de 500 g. Se colocaron en bolsas de papel en un horno universal de secado, marca Memmert, modelo UF 260, a $65 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 72 h.

pH. Se midió cada dos meses, entre abril y septiembre de 2018, utilizando un medidor portátil de pH Consort C5020. Se aplicó el protocolo

desarrollado por la Universidad de Nariño (Delgado y Jurado, 2016).

Análisis matemático. Se realizó análisis de varianza, con previa comprobación de los supuestos de homogeneidad de varianza y normalidad de los datos. Se aplicó la prueba de Tukey para establecer diferencias significativas ($p \leq 0,05$). La información se analizó mediante el programa R V.3.6.1 (R Development Core Team, 2008) con la utilización de los paquetes agrícolas (Mendiburu, 2017) y ggplot2 (Wickham, 2016).

Resultados y Discusión

Rendimiento de FV y MS. Durante el período de altas precipitaciones no se hallaron diferencias estadísticas ($P = 0,966$) entre las interacciones de los dos factores, por lo que se analizaron los factores principales por separado. Para el factor forraje se encontraron diferencias significativas en las variables rendimiento de FV y de MS. Las asociaciones de *D. glomerata* + *T. repens* + *T. pratense* y *L. perenne* + *T. repens* + *T. pratense* presentaron los mejores promedios, sin diferencias significativas entre sí (tabla 3).

Al evaluar la mezcla de *D. glomerata* + *L. perenne* + *T. pratense*, Rojas-García *et al.* (2016) encontraron rendimientos de MS de $3\ 243 \text{ kg/ha}^{-1}$ en época de

Tabla 3. Rendimiento de FV y MS en la época de altas precipitaciones, a los 35 días de edad.

| Tratamientos | Rendimiento, kg ha^{-1} | |
|---|----------------------------------|----------------------|
| | FV | MS |
| <i>L. perenne</i> | 7 947,1 ^d | 1 812,1 ^c |
| <i>L. perenne</i> + <i>T. repens</i> | 14 313,8 ^{bc} | 2 347,7 ^b |
| <i>L. perenne</i> + <i>T. pratense</i> | 12 551,7 ^{bc} | 2 274,1 ^b |
| <i>L. perenne</i> + <i>T. repens</i> + <i>T. pratense</i> | 15 535,3 ^{ab} | 2 432,8 ^b |
| <i>D. glomerata</i> + <i>T. repens</i> + <i>T. pratense</i> | 18 178,3 ^a | 2 922,1 ^a |
| Mezcla comercial (Tetrablend 260) | 11 409,3 ^{cd} | 2 333,8 ^b |
| EE \pm | 0,416 | 0,049 |

a, b, c y d: medias con letras diferentes en una misma columna difieren entre sí, según la prueba de Tukey para $p < 0,05$

altas precipitaciones, valor similar al obtenido en este estudio. Esto se puede deber, posiblemente, al aporte de MS de *T. repens* y *T. pratense* en la asociación, así como a la época de evaluación.

Lucero *et al.* (2002) señalan que estas especies, en condiciones adecuadas de humedad, poseen mayor capacidad de fijación simbiótica de N₂ y mayor transferencia de este elemento a la gramínea acompañante. Brophy *et al.* (2017) y Solati *et al.* (2018) sugieren que las leguminosas influyen positivamente en el rendimiento del forraje y se consideran una fuente potencial de proteína.

Para el periodo de bajas precipitaciones no se presentaron diferencias estadísticas entre las interacciones de dos factores, por lo que se analizó el efecto de los factores principales por separado (tabla 4). Se observó que para el factor forraje se presentaron diferencias significativas en las variables de rendimiento de FV y MS, donde la asociación de *L. perenne* + *T. pratense* alcanzó 13 312,2 y 2 501,3 kg ha⁻¹, respectivamente.

Maldonado-Peralta *et al.* (2007) informaron un rendimiento de MS para *L. perenne* de 4 815 kg de MS ha⁻¹ para el verano, lo que demuestra que los pastos perennes se comportan bien durante esta época.

Nava-Berumen *et al.* (2018) hallaron rendimientos de FV y MS de 29 500 y 6 500 kg ha⁻¹ en *L. perenne* durante la época de bajas precipitaciones, en un suelo con pH de 7,9 (moderadamente alcalino). Estos valores fueron superiores a los del presente estudio, lo que se explica por la gran influencia de la alcalinidad en la producción de forraje. Además, los autores citados recomiendan variedades de *L. perenne* en combinación con otras especies para producir forraje de calidad en épocas de bajas precipitaciones. Señalan que esta mezcla constituye una

alternativa para obtener FV, con productividad baja en los primeros cortes y alta en los últimos. Villalobos y Sánchez (2010) afirman que la producción de biomasa de *L. perenne* aumenta significativamente en la época de mayor radiación solar, y se mantiene relativamente constante el resto del año.

En este estudio, las dosis de la enmienda no afectaron el rendimiento, pero sí lo hicieron las especies de forraje, la época (altas y bajas precipitaciones) y el tiempo de evaluación (1 año). Tomić *et al.* (2018) evaluaron la aplicación de 3 y 6 t ha⁻¹ de CaO en *T. pratense* y avena (*Avena sativa* L.), y encontraron mayor rendimiento y contenido de MS en el tercer año de evaluación, debido al enclado, ya que esta enmienda ayuda a reducir la cantidad de formas móviles y tóxicas de aluminio, hierro y manganeso, lo que aumenta la cantidad de fósforo disponible en el suelo para los tréboles y los pastos.

Variable pH. No se presentaron diferencias estadísticas entre los valores de pH con las tres dosis de cal aplicadas (fig. 2). La aplicación de enmiendas calcáreas logró incrementar el pH inicial del suelo (5,8) a valores de 6,08; 6,16 y 6,32 con la aplicación de dosis de 2, 5 y 10 t ha⁻¹ de cal dolomita, respectivamente.

Este comportamiento se presentó quizás por el alto poder buffer de estos suelos. Esto hace que el pH no aumente de forma significativa, aun con la aplicación de enmiendas, debido a la mineralogía de arcillas de carga variable dependiente de pH que caracteriza a estos suelos ácidos (Garbanzo-León *et al.*, 2016).

Los resultados referidos no difieren de los informados por Demanet-Filippi (2017), quien afirma que para incrementar 0,7 puntos de pH se requieren 3,3 t ha⁻¹ de cal dolomita. Y se asemejan a los alcanzados por Carvajal *et al.* (2016), los que

Tabla 4. Rendimiento de FV y MS de seis forrajes, evaluados en época de bajas precipitaciones, a la edad de 35 días.

| Especie | Rendimiento, kg ha ⁻¹ | |
|---|----------------------------------|-----------------------|
| | FV | MS |
| <i>L. perenne</i> | 8 907,7 ^c | 1 895,7 ^b |
| <i>L. perenne</i> + <i>T. repens</i> | 11 282,5 ^{abc} | 1 959,0 ^b |
| <i>L. perenne</i> + <i>T. pratense</i> | 13 312,2 ^a | 2 501,3 ^a |
| <i>L. perenne</i> + <i>T. repens</i> + <i>T. pratense</i> | 13 008,5 ^{ab} | 2 288,3 ^{ab} |
| <i>D. glomerata</i> + <i>T. repens</i> + <i>T. pratense</i> | 10 254,4 ^{bc} | 1 863,2 ^b |
| Mezcla comercial (Tetrablend 260) | 9 361,9 ^{cd} | 1 932,9 ^b |
| EE ± | 0,382 | 0,057 |

a, b, c y d: medias con letras diferentes en una misma columna difieren entre sí, según la prueba de Tukey para p < 0,05

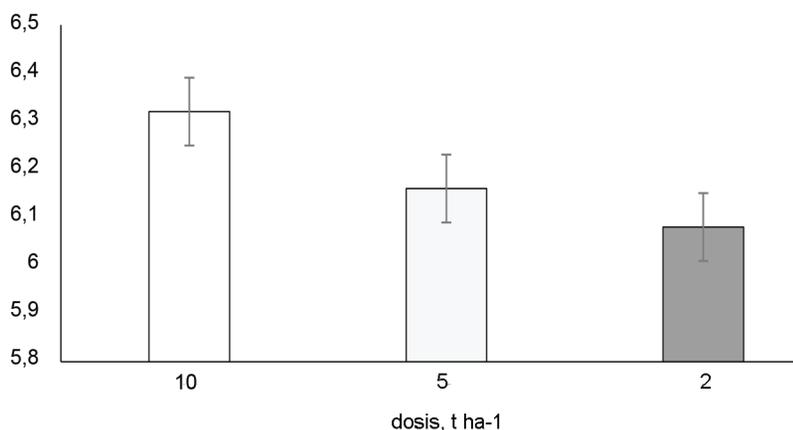


Figura 2. Valores de pH del suelo según las dosis de dolomita [CaMg (CO₃)₂]

obtuvieron incrementos de 0,37 puntos en el pH a los 80 días después de la siembra (de 5,6 a 6,0), con la aplicación de 3 t ha⁻¹ de cal dolomita.

Posiblemente, el comportamiento aquí observado se deba a que la cal dolomita ayuda a reducir la acidez de los suelos, al aumentar las unidades de pH. Estos productos disueltos en el suelo producen iones OH⁻, que al combinarse con el H⁺ se neutralizan, y al reaccionar ambos producen H₂O. Los OH⁻ reaccionan también con el Al⁺⁺⁺ en la solución del suelo, precipitándolo como Al (OH)₃. De esta forma, el Al⁺⁺⁺ queda inerte (Carvajal *et al.*, 2016).

Conclusiones

Para las épocas de altas y bajas precipitaciones, las asociaciones con *D. glomerata* + *T. repens* + *T. pratense* y *L. perenne* + *T. repens* favorecieron los rendimientos a la edad de cosecha de 35 días. Además, la dosis de enmienda no afectó el rendimiento de los forrajes ni el pH.

Agradecimientos

Se agradece a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), donde se desarrolló el proyecto “Mejoramiento de la oferta forrajera, optimización de sistemas de alimentación y aseguramiento de la calidad e inocuidad de leche en el trópico alto del departamento de Nariño”, financiado por el Sistema General de Regalías (SGR).

Contribución de los autores

- Jenny Jackeline Zapata-Molina. Diseño de la metodología, desarrollo de la investigación, redacción del borrador original, revisión y edición del manuscrito.

- Paola Andrea Portillo-López. Diseño de la metodología, desarrollo de la investigación, redacción del borrador original, revisión y edición del manuscrito.
- Diego Hernán Meneses-Buitrago. Diseño de la metodología, análisis de datos, revisión y edición del manuscrito.
- Edwin Castro-Rincón. Diseño de la metodología, revisión y edición del manuscrito.
- Elizabeth Lagos-Burbano. Diseño de la metodología, revisión y edición del manuscrito.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses entre ellos.

Referencias bibliográficas

- Brophy, Caroline; Finn, J. A.; Lüscher, A.; Suter, M.; Kirwan, Laura; Sebastià, Maria-T. *et al.* Major shifts in species' relative abundance in grassland mixtures alongside positive effects of species diversity in yield: a continental-scale experiment. *J. Ecol.* 105 (5):1210-1222, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12754>.
- Carvajal, Katherine G.; Gómez, Carlos A.; Arévalo-de-Gauggel, Gloria & Suazo, Á. *Efecto de la aplicación de cal dolomita sobre el pH del suelo y rendimiento de sorgo sureño en suelos de uso agrícola, Zamorano, Honduras*. Zamorano, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5927/1/CPA-2016-T020.pdf>, 2016.
- Climate-Data.Org. *Clima: Pasto y Sapuyes*. Oedheim, Alemania <https://es.climate-data.org/americadel-sur/colombia/narino/pasto-3811/>, 2018.
- Cobo-Lemos, J. A. *El suelo y el agua en la producción de pastos*. Cali, Colombia, 2003.
- Combatt, E.; Jarma, A. & Maza, L. Crecimiento de *Brachiaria decumbens* Stapf y *Cynodon nlemfuensis*

- Vanderyst en suelos sulfatados ácidos de Córdoba. *Revista MVZ Córdoba*. 13 (2):1380-1392. <http://www.scielo.org.co/pdf/mvz/v13n2/v13n2a14.pdf>, 2008.
- Delgado, J. C. & Jurado, G. *El análisis del suelo: muestreo análisis e interpretación*. Colombia: Editorial Universitaria, Universidad de Nariño, 2016.
- Demagnet-Filippi, R. ¿Qué efecto tiene la aplicación de enmiendas calcáreas en pasturas? *Enmiendas Calcáreas*. No. 2:1-8. <http://www.watts.cl/docs/default-source/charlas-a-productores/enmienda-calcarea.pdf?sfvrsn=4>, 2017.
- Garbanzo-León, G.; Molina-Rojas, E. & Cabalceña-Aguilar, G. Efecto de la aplicación de enmiendas líquidas en el suelo y en el crecimiento de maíz bajo condiciones de invernadero. *Agron. Costarricense*. 40 (2):33-52, 2016. DOI: <https://doi.org/10.15517/rac.v40i2.27360>.
- Lucero, D. W.; Grieu, P. & Guckert, A. Water deficit and plant competition effects on 14C assimilate partitioning in the plant-soil system of white clover (*Trifolium repens* L.) and ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Soil Biol. Biochem.* 34 (1):1-11, 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(01\)00116-X](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(01)00116-X).
- Malagón-Castro, D. Ensayo sobre tipología de suelos colombianos. Énfasis en génesis y aspectos ambientales. *Revista Acad. Colomb. Ci. Exact.* 27 (104):319-341. <https://biblat.unam.mx/es/revista/revista-de-la-academia-colombiana-de-ciencias-exactas-fisicas-y-naturales/articulo/ensayo-sobre-tipologia-de-suelos-colombianos-enfasis-en-genesis-y-aspectos-ambientales>, 2003.
- Maldonado-Peralta, María de los Á.; Rojas-García, A. R.; Torres-Salado, N.; Herrera-Pérez, J.; Joaquín-Cancino, S.; Ventura-Ríos, J. *et al.* Productivity of orchard grass (*Dactylis glomerata* L.) alone and associated with perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and white clover (*Trifolium repens* L.). *R. Bras. Zootec.* 46 (12):890-895., 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1806-92902017001200003>.
- Mejía-Zambrano, F. Prospectiva de la cadena láctea del departamento de Nariño al horizonte del año 2020. *Revista TENDENCIAS*. XIII (1):36-54. <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rtend/article/view/514/540>, 2012.
- Mendiburu, F. de. *Package 'agricolae'*. *Statistical Procedures for Agricultural Research*. Perú: CRAN. <https://cran.r-project.org/web/packages/agricolae/agricolae.pdf>, 2017.
- Moncada-González, Ana C.; Angulo-Arizala, J.; Barragán-Hernández, W. A. & Mahecha-Ledesma, Liliana M. Ganadería en suelos ácidos: mejorar la productividad con especies forrajeras tolerantes. *Colanta Pecuaría*. 48:22-32. http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/10945/1/MoncadaCarolina_2016_SuelosAcidosGanaderiaForrajeras.pdf, 2016.
- Nava-Berumen, Cynthia A.; Rosales-Serna, R.; Carrete-Carreón, F. O.; Jiménez-Ocampo, R.; Domínguez-Martínez, P. A. & Reyes-Estrada, O. Productividad y calidad de forraje de pastos cultivados durante la época seca en Durango, México. *Agrociencia*. 52 (6):803-816. <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v52n6/2521-9766-agro-52-06-803.pdf>, 2018.
- R Core Team. *A language and environment for statistical computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>, 2018.
- Rojas-García, A. R.; Hernández-Garay, A.; Ayala, W.; Mendoza-Pedroza, S. I.; Cancino, S. J.; Vaqueira-Huerata, H. *et al.* Comportamiento productivo de praderas con distintas combinaciones de ovillo (*Dactylis glomerata* L.), ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.). *Rev. FCA UNCUYO*. 48 (2):57-68. <https://www.redalyc.org/pdf/3828/382847506012.pdf>, 2016.
- Solati, Z.; Jørgensen, U.; Eriksen, J. & Søgaard, K. Estimation of extractable protein in botanical fractions of legume and grass species. *Grass Forage Sci.* 73 (2):572-581, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/gfs.12325>.
- Toledo, J. M., Ed. *Manual para la evaluación agronómica*. Cali, Colombia: CIAT, 1982.
- Tomić, D.; Stevović, Vladeta; Đurović, D.; Bokan, N.; Popović, Branka & Knežević, Jasmina. Forage yield of a grass-clover mixture on an acid soil in the third year after soil liming. *J. Cent. Eur. Agric.* 19 (2):482-489, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5513/JCEA01/19.2.2149>.
- UNEP-WCMC. *El estado de la biodiversidad en América Latina y el Caribe*. Cambridge, Reino Unido: UNEP-WCMC. <https://www.cbd.int/gbo/gbo4/outlook-grulac-es.pdf>, 2016.
- Villalobos, L. & Sánchez, J. M. Evaluación agronómica y nutricional del pasto Ryegrass Perenne Tetraploide (*Lolium perenne*) producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica. II. Valor nutricional. *Agron. Costarricense*. 34 (1):43-52. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v34n1/a04v34n1.pdf>, 2010.
- Villaneda-Vivas, E. & Sánchez-Matta, L. *Renovación y manejo de praderas en sistemas de producción de leche especializada en el trópico alto colombiano*. Mosquera, Colombia: AGROSAVIA. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/12867?show=full>, 2009.
- Wickham, H. *ggplot2: Elegant graphics for data analysis*. Cham, Switzerland Springer International Publishing, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-24277-4>.