

Evaluación de métodos de renovación de praderas en el trópico alto de Nariño, Colombia**Evaluation of grassland renovation methods in the high tropic of Nariño, Colombia**

José Libardo Lerma-Lasso¹ <https://orcid.org/0000-0003-4920-9801>, Harold Andrés Chañag-Miramag² <https://orcid.org/0000-0002-2749-0367>, Diego Hernán Meneses-Buitrago¹ <https://orcid.org/0000-0003-3033-3079>, Hernán Ojeda-Jurado² <https://orcid.org/0000-0003-0891-0482>, Hugo Ruiz-Eraso² <https://orcid.org/0000-0001-5611-4830> y 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 diferentes métodos de renovación de praderas en la productividad de *Lolium* sp. durante épocas de altas y bajas precipitaciones en el trópico alto del departamento de Nariño.

Materiales y Métodos: El ensayo se desarrolló entre enero y agosto de 2018. Se establecieron dos experimentos en los municipios de Pasto y Sapuyes. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con cinco tratamientos y tres réplicas (T1: manejo convencional del productor; T2: renovador de praderas; T3: dos pases de rastra, T4: un pase de cincel rígido, un pase de rastra y un pase de subsolador; T5: un pase de cincel vibratorio y un pase de rastra). Se evaluaron las variables porcentaje de cobertura, altura, rendimiento de forraje verde y de materia seca. Para el análisis estadístico se utilizó el software R V 3.5.1. Se realizó análisis de varianza y la prueba de Tukey para la comparación entre las medias ($p < 0,05$).

Resultados: En la época de altas precipitaciones, en la localidad de Pasto, la variable altura de la planta presentó diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,001$). El T5 mostró el mayor valor (38 cm). A su vez, se hallaron diferencias significativas en el rendimiento de forraje verde y materia seca entre tratamientos, siendo el T3 el de mejor comportamiento (16,2 y 2,6 t ha⁻¹, respectivamente). En la localidad de Sapuyes, el T1 alcanzó los mejores resultados para las variables porcentaje de cobertura, altura de la planta, rendimiento de forraje verde y materia seca (96,0 %; 67,5 cm; 34,2 t ha⁻¹ y 4,19 t ha⁻¹, respectivamente). En la época de bajas precipitaciones, en la localidad Sapuyes, la variable rendimiento de forraje verde mostró diferencias significativas entre tratamientos, siendo el T1 el más destacado (21,1 t ha⁻¹).

Conclusiones: Durante los períodos de altas y bajas precipitaciones, el T3 alcanzó los mejores valores en el rendimiento de forraje verde y materia seca para la localidad de Pasto, mientras que para Sapuyes, el T1 presentó los mejores valores.

Palabras clave: *Lolium*, renovación de praderas, forraje verde, materia seca

Abstract

Objective: To evaluate the effect of different grassland renovation methods on the *Lolium* sp. productivity during rainy and dry seasons in the high tropic of the Nariño department.

Materials and Methods: The essay was conducted between January and August, 2018. Two experiments were established in the Pasto and Sapuyes municipalities. An experimental design of complete randomized blocks was used, with five treatments and three replicas (T1: farmer's conventional management; T2: grassland renovator; T3: harrowing twice; T4: rigid chisel plow once, harrowing once and subsoiling once; T5: vibratory chisel plow once and harrowing once). The variables cover percentage, height, green forage and dry matter yield, were evaluated. For the statistical analysis, the software R V 3.5.1 was used. Variance analysis and Tukey's test were carried out for comparison among means ($p < 0,05$).

Results: In the rainy season, in the Pasto locality, the variable plant height showed significant differences among treatments ($p < 0,001$). T5 showed the highest value (38 cm). In turn, significant differences were found in the green matter and dry matter yield among treatments, T3 being the one with the best performance (16,2 and 2,6 t ha⁻¹, respectively). In the Sapuyes locality, T1 reached the best results for the variables cover percentage, plant height, green forage and dry matter yield (96,0 %; 67,5 cm; 34,2 t ha⁻¹ and 4,19 t ha⁻¹, respectively). In the dry season, in the Sapuyes locality, the variable green forage yield showed significant differences among treatments, T1 being the most outstanding one (21,1 t ha⁻¹).

Conclusions: During the rainy and dry seasons, T3 reached the best values in green forage and dry matter yield for the Pasto locality; while for Sapuyes, T1 showed the best values.

Keywords: *Lolium*, grassland renovation, green forage, dry matter

Recibido: 07 de enero de 2020
Aceptado: 23 de abril de 2020

Como citar este artículo: Lerma-Lasso, J. L.; Chañag-Miramag, H. A.; Meneses-Buitrago, D. H.; Ojeda-Jurado, Hernán Ruiz-Eraso Hugo & Castro-Rincón, E. Evaluación de métodos de renovación de praderas en el trópico alto de Nariño, Colombia *Pastos y Forrajes*. 43 (2):120-128, 2020.

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

El sector ganadero ocupa el mayor porcentaje de tierras agrícolas. La superficie total que representan los pastos asciende a 26 % de la superficie libre de hielo (FAO (2019). En Latinoamérica, Brasil es el principal productor de leche, con 33 620 millones de litros al año, seguido por países como Argentina, México y Colombia. Este último ocupa el cuarto lugar, con producción de 6 550 millones de litros al año y crecimiento anual promedio de 100 000 litros desde 2012, por lo que contribuye con 2 % del PIB nacional y 24,3 % del PIB agropecuario, generando más de 700 000 empleos directos (MADR y MINCIT 2016)¹. La producción lechera está presente en 22 departamentos, siendo Antioquia el principal productor con 3,5 millones de litros diarios (Pinto, 2017), seguido de Boyacá, Cundinamarca y Nariño. Este último, con una producción de 982 mil litros diarios, es parte de las cuencas lecheras más destacadas del país (SAGAN, 2018).

El departamento de Nariño se ubica en las zonas agroecológicas del trópico alto andino colombiano. Tiene características microclimáticas particulares que favorecen la producción especializada de leche. Según el Grupo de Investigación en Producción y Sanidad Animal (2009), el área dedicada a la producción de forrajes se estima en 10 103 ha, de las cuales 20,2 % corresponde a raigrases anuales o perennes (*Lolium* sp.); 27,5 % a forrajes naturales o naturalizados; 36,4 % a mezclas de pastos naturalizados, como el azul orchoro (*Dactylis glomerata* L.), kikuyo [*Cenchrus clandestinus* (Hochst. ex Chiov.)] y falsa poa (*Holcus lanatus* L.). En menor porcentaje (15,9 %) se encuentran las praderas de alfalfa (*Medicago sativa* L.), brasilero (*Phalaris* sp.) y trébol (*Trifolium* sp.), que se hallan mezcladas con los pastos antes mencionados. Sin embargo, los malos parámetros técnicos de la labranza y el pisoteo de los animales incrementan en 90 % las pérdidas de materia seca (MS), degradan y modifican

las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Hernández, 1992; Noreña y Galeano, 2004).

El rendimiento de forraje verde (FV) disminuye en la época de bajas precipitaciones, lo que trae consigo disminución de la capacidad de carga por unidad de área en las pasturas destinadas a la producción de leche (Mendoza, 1992). Los productores de lechería especializada del trópico alto del departamento de Nariño limitan el manejo de praderas a la rotación de cultivos (pasto – papa – pasto), metodología que no permite la recuperación de la pastura después de un pastoreo en períodos prolongados de verano, lo que genera daños en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Corpoica, 1994).

Las pasturas, al igual que todos los cultivos, demandan prácticas de manejo para aumentar su capacidad de producción. La renovación de praderas, asociada con métodos mecánicos y manejo agronómico, permite aumentar el rendimiento de FV y de MS disponible (Hernández, 1992). No obstante, es importante planear y definir las actividades de preparación del suelo, al precisar exactamente la metodología y maquinaria agrícola a utilizar, a partir de las condiciones topográficas del terreno, textura y estado de consistencia del suelo.

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes métodos de renovación de praderas en la productividad de *Lolium* sp. durante épocas de altas y bajas precipitaciones en el trópico alto del departamento de Nariño, Colombia.

Materiales y Métodos

El estudio se desarrolló en las localidades de Pasto y Sapuyes, del departamento de Nariño, Colombia. Las coordenadas, altitud y condiciones del suelo se muestran en la tabla 1.

En las figuras 1 y 2 se muestra la precipitación acumulada y la temperatura media diaria, de enero

Tabla 1. Ubicación de los experimentos en las localidades de Pasto y Sapuyes, Nariño, Colombia.

Municipio	Localidad	Coordenadas	Altitud, m s.n.m	Textura de suelo
Pasto	Centro de investigación Obonuco, AGROSAVIA*	N 01° 11' 4.13'' W 77° 19' 0.19''	2905	Franco arenoso
Sapuyes	Granja Experimental Chimangual, Universidad de Nariño	N 01° 02' 6.55'' W 77° 45' 3.88''	3157	Franco areno graviloso

Fuente: Climate-Data.org (2019).

*Corporación colombiana de investigación agropecuaria

¹MADR: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
MINCIT: Ministerio de Comercio, Industria y Turismo

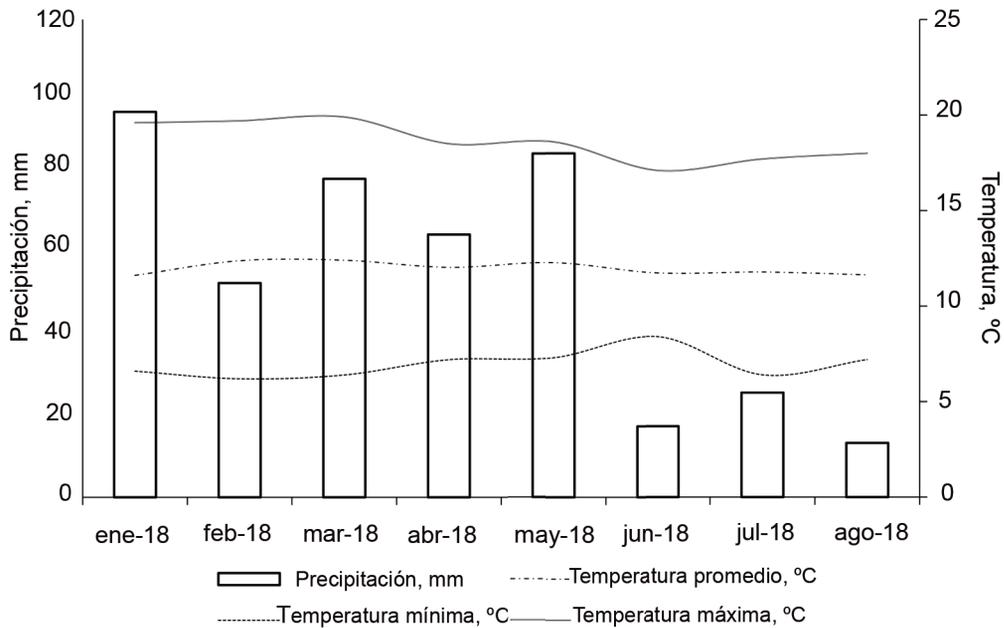


Figura 1. Precipitación acumulada de enero a agosto de 2018, localidad de Pasto, Colombia.

Fuente: Estación meteorológica Vantage Pro 2

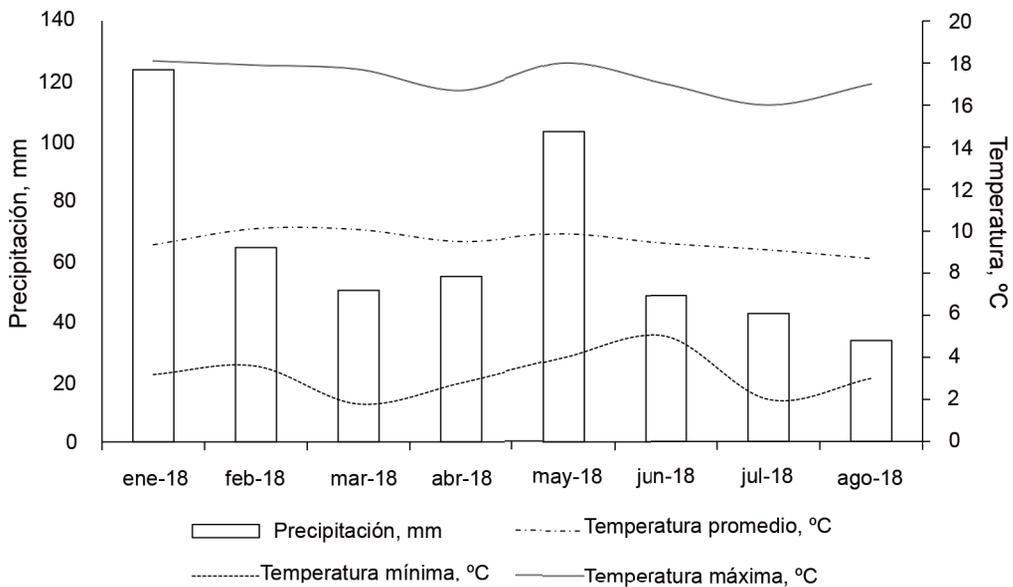


Figura 2. Precipitación acumulada de enero a agosto de 2018, localidad de Sapuyes, Colombia.

Fuente: Estación meteorológica Vantage Pro 2

a agosto de 2018. Esta información procede de la estación meteorológica Vantage Pro 2, para las localidades de Pasto y Sapuyes, respectivamente.

Tratamientos y diseño experimental. Los experimentos se establecieron en un diseño experimental

de bloques completos al azar, con cinco tratamientos, y tres replicas. (tabla 2). El T1 consistió en el manejo convencional del productor, quien siembra papa (*Solanum tuberosum* L.) como cultivo antecesor mediante la técnica de guachado, cuatro meses antes del establecimiento

Tabla 2. Tratamientos evaluados por localidad en la época de altas y bajas precipitaciones en Nariño, Colombia.

Tratamiento	Sistema de labranza	Localidad	
		Pasto	Sapuyes
		Especie	
T1	Manejo convencional del productor	Papa (<i>S. tuberosum</i>), Raigrás Columbia (<i>Lolium hybridum</i> Hausskn.)	Papa (<i>S. tuberosum</i>), Raigrás Aubade (<i>Lolium multiflorum</i> Lam.)
T2	Renovador de praderas	Raigrás Columbia (<i>L. hybridum</i>)	Raigrás Aubade (<i>L. multiflorum</i>)
T3	Dos pases de rastra	Raigrás Columbia (<i>L. hybridum</i>)	Raigrás Aubade (<i>L. multiflorum</i>)
T4	Un pase de cincel rígido, un pase de rastra y un pase de subsolador	Raigrás Columbia (<i>L. hybridum</i>)	Raigrás Aubade (<i>L. multiflorum</i>)
T5	Un pase con cincel vibratorio y un pase de rastra	Raigrás Columbia (<i>L. hybridum</i>)	Raigrás Aubade (<i>L. multiflorum</i>)

de los cultivares de *Lolium* sp. El T2 se basó en un pase del renovador de praderas, con el fin de romper los primeros 30 cm de suelo. En el T3 se hicieron dos pases de rastra pesada, con el propósito de romper los primeros 15 cm de suelo y destruir e incorporar el material vegetal existente. El T4 se caracterizó por un pase de rastra pesada para lograr posteriormente la penetración del cincel rígido (los cuerpos del cincel fueron separados a 30 cm) y subsolador a los 40 cm de suelo. En el T5 se hizo un pase de rastra pesada, y posteriormente un pase de cincel vibratorio para pulir los terrones existentes. Cada unidad experimental tuvo un área de 400 m².

Procedimiento experimental. Se renovaron 1,2 ha en cada localidad. La densidad de siembra del raigrás fue de 50 kg ha⁻¹. Se fertilizó manualmente, de forma fraccionada, en el momento de la siembra y cuatro meses después, con 375 kg N ha⁻¹, 40 kg P₂O₅ ha⁻¹, 250 kg K₂O ha⁻¹ y 30 kg S ha⁻¹ en cada

aplicación. Se utilizaron diferentes especies, debido a que fueron las que mejor adaptabilidad y desarrollo presentaron en cada localidad, según el estudio previo de Cadena-Guerrero *et al.* (2019).

Período de establecimiento. Se realizó un corte de homogenización 90 días después de la siembra (septiembre a diciembre de 2017).

Se hicieron cuatro cortes, dos en la época de altas precipitaciones (enero a abril de 2018) y dos en la época de bajas precipitaciones (mayo a agosto de 2018). Las evaluaciones se realizaron con la misma frecuencia para todos los tratamientos. En cada unidad experimental se hicieron muestreos a los 45 días después del corte.

Variables evaluadas. Se evaluó la cobertura de los pastos en porcentaje del área delimitada por el marco de muestreo de 1 m², y según la escala que se muestra en la figura 3.

Altura de plantas. Se midió la altura de cinco plantas, seleccionadas al azar en cada unidad experimental.

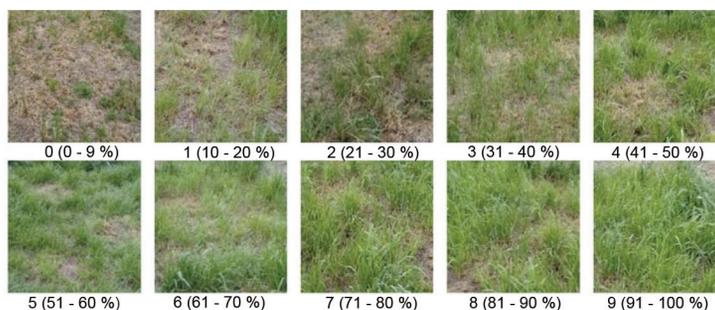


Figura 3. Escala (0-9) para estimar el porcentaje de cobertura en *Lolium* sp. Fuente: Cadena-Guerrero *et al.* (2019).

Se usó para ello un marco de muestreo de 1 m². La altura se midió desde el suelo hasta el punto más alto de la planta, sin estirla y sin cortar la inflorescencia (Cortes y Viveros, 1975).

Rendimiento de FV y MS. Durante la fase productiva, después del corte de homogenización (dos en época de altas y bajas precipitaciones), que se realizó a los 90 días posteriores a la siembra, en las localidades de Pasto y Sapuyes, se determinó el rendimiento de FV. Para ello, en cada ciclo se realizaron cosechas cada 45 días, cortando el forraje a 5 cm de altura sobre el suelo, en el marco de muestreo de 1 m². De cada muestra de FV se tomó una submuestra de 500 g. Se colocaron en bolsas de papel en horno de secado, a temperatura de 70 °C, durante 48 h, para la determinación de la materia seca (Toledo, 1982).

Análisis estadístico. Los datos se analizaron mediante el programa estadístico R V.3.5.6 (R Development Core Team, 2018), con previa comprobación de los supuestos de homogeneidad de varianza y distribución normal. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA), acompañado de la prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0,05$). Se utilizó el paquete Agricolae (Mendiburu, 2017).

Resultados

Época de altas precipitaciones. En la localidad de Pasto, la variable cobertura no presentó diferencias significativas entre tratamientos. En cambio, la variable altura de la planta mostró diferencias significativas entre tratamientos. El T5 alcanzó el mayor valor, con una altura de 38 cm (tabla 3).

La metodología de labranza vertical implementada en el T2 no contribuyó a disminuir la presencia de encharcamientos después de un fuerte evento de precipitación o aplicación de riego por mal drenaje, lo que causó bajo porcentaje de germinación y persistencia de *L. hybridum* en la pradera.

El rendimiento de FV y MS presentó diferencias significativas entre tratamientos, siendo el T3 el más sobresaliente, con 16,2 y 2,6 t ha⁻¹ respectivamente.

En la localidad de Sapuyes, el T1 alcanzó los mejores resultados para las variables porcentaje de cobertura, altura de la planta, FV y forraje seco, con valores promedio de 96,0 %; 67,48 cm; 34,2 t ha⁻¹ y 4,2 t ha⁻¹, respectivamente (tabla 4).

Época de bajas precipitaciones. En la localidad de Pasto, la variable porcentaje de cobertura no presentó diferencias significativas entre tratamientos (tabla 5). La altura mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), siendo destacado el T1, con valor promedio de 31 cm. El rendimiento de FV y el forraje seco no presentaron diferencias significativas entre tratamientos.

En la localidad Sapuyes, la cobertura presentó diferencias significativas entre tratamientos. El T1 fue el más sobresaliente, con 97 %. La variable altura mostró diferencias significativas entre tratamientos. T1 y T3 lograron los mayores valores promedio, de 64 y 63 cm, respectivamente.

En el rendimiento de FV hubo diferencias significativas entre tratamientos. El T1 fue el más destacado, con 21,07 t ha⁻¹. En cuanto al rendimiento de MS, no se registraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (tabla 6).

Tabla 3. Valores medios para variables evaluadas en los diferentes tratamientos en la época de altas precipitaciones, localidad de Pasto.

Tratamiento	Cobertura, %	Altura, cm	Rendimiento, t ha ⁻¹	
			Forraje verde	Materia seca
T1	81,3	27,3 ^b	7,0 ^b	1,2 ^b
T2 [‡]	-	-	-	-
T3	86,7	48,9 ^a	16,2 ^a	2,6 ^a
T4	88,9	43,3 ^a	11,2 ^{ab}	1,7 ^{ab}
T5	76,4	38,1 ^{ab}	11,5 ^{ab}	1,8 ^{ab}
EE ±	2,18	1,84 ^{***}	1,02 [*]	0,14 ^{**}

[‡]T2 no germinó

a, b, c medias con letras diferentes en una misma columna difieren entre sí, según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$), * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

T1: manejo convencional del productor, T2: renovador de praderas. T3: dos pases de rastra, T4: cincel rígido – rastra – subsolador, T5: cincel vibratorio – rastra

Tabla 4. Valores medios para variables evaluadas en los diferentes tratamientos en la época de altas precipitaciones, localidad de Sapuyes.

Tratamiento	Cobertura, %	Altura, cm	Rendimiento, t ha ⁻¹	
			Forraje verde	Materia seca
T1	96,0 ^a	67,5 ^a	34,2 ^a	4,2 ^a
T2	27,3 ^c	41,7 ^b	9,7 ^b	1,8 ^b
T3	56,0 ^b	49,5 ^b	14,3 ^b	2,2 ^b
T4	58,2 ^b	51,9 ^b	16,1 ^b	2,4 ^b
T5	60,3 ^b	50,9 ^b	14,1 ^b	2,2 ^b
EE±	2,38***	1,47***	1,10***	0,13***

a, b, c medias con letras diferentes en una misma columna difieren entre sí, según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$), * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

T1: manejo convencional del productor, T2: renovador de praderas. T3: dos pases de rastra, T4: cincel rígido – rastra – subsolador, T5: cincel vibratorio – rastra

Tabla 5. Valores medios para variables evaluadas en los diferentes tratamientos en la época de bajas precipitaciones, localidad de Pasto.

Tratamiento	Cobertura, %	Altura, cm	Rendimiento, t ha ⁻¹	
			Forraje verde	Materia seca
T1	51,8	31,1 ^a	4,0	1,1
T2	-	-	-	-
T3	56,4	26,3 ^b	4,1	1,2
T4	53,4	27,4 ^{ab}	3,8	1,1
T5	58,8	26,3 ^b	3,8	1,1
EE ±	2,94	0,63*	0,09	0,03

^yT2 no germinó

a, b: medias con letras diferentes en una misma columna difieren entre sí, según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$), * $p < 0,05$

T1: manejo convencional del productor, T2: renovador de praderas. T3: dos pases de rastra, T4: cincel rígido – rastra – subsolador, T5: cincel vibratorio – rastra

Tabla 6. Valores medios para las variables evaluadas en los diferentes tratamientos durante la época de bajas precipitaciones, localidad de Sapuyes.

Tratamiento	Cobertura, %	Altura, cm	Rendimiento, t ha ⁻¹	
			Forraje verde	Materia seca
T1	96,7 ^a	63,6 ^a	21,1 ^a	2,6
T2	37,3 ^c	55,5 ^b	11,3 ^c	2,0
T3	62,0 ^b	59,2 ^{ab}	12,0 ^{bc}	2,2
T4	71,0 ^b	62,9 ^a	14,4 ^{bc}	2,4
T5	69,5 ^b	59,9 ^{ab}	15,8 ^b	2,7
EE±	2,18***	0,81*	0,57***	0,09

a, b, c medias con letras diferentes en una misma columna difieren entre sí, según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$), * $p < 0,05$, *** $p < 0,001$

T1: manejo convencional del productor, T2: renovador de praderas. T3: dos pases de rastra, T4: cincel rígido – rastra – subsolador, T5: cincel vibratorio – rastra

Discusión

En la localidad de Pasto, el tipo de labranza y las condiciones edafoclimáticas influyeron en el establecimiento y producción de forraje, lo que generó comportamientos diferenciales en algunas variables en cada época de evaluación. La metodología de labranza vertical implementada en el T3 obtuvo los mayores rendimientos de FV y MS del raigrás Columbia, en la época de altas y bajas precipitaciones, en comparación con los demás sistemas de labranza evaluados. Este comportamiento se explica por la buena aireación producida por la rastra, que mejoró las condiciones físicas del suelo y favoreció el desarrollo de las raíces. Al respecto, Ara (1991) señala que mejorar las propiedades físicas de suelo mediante la labranza vertical garantiza una buena emergencia y vigor de las plántulas en la pradera.

Los rendimientos de este estudio son superiores a los informados por Cadena-Guerrero *et al.* (2019) y Portillo-López *et al.* (2019), quienes confirman que en la época de altas precipitaciones existe mayor rendimiento de FV y de MS. Según Rodríguez *et al.* (2011), este comportamiento obedece a que durante la época de altas precipitaciones hay mayor humedad del suelo y duración del día, lo que trae consigo que las plantas acumulen mayor cantidad de biomasa, y que manifiesten su potencial de crecimiento y variabilidad de forma más dinámica.

Para los tratamientos evaluados, la variable cobertura durante las épocas de altas y bajas precipitaciones es un indicador favorable del efecto del sistema de labranza en la porosidad del suelo. Silva-Acuña *et al.* (2005) afirmaron que los sistemas de labranza favorecen el crecimiento horizontal de la pastura y disminuyen significativamente las malezas y las áreas descubiertas.

En la localidad de Sapuyes, las características ambientales y las condiciones edáficas influyen en la producción de MS de *L. multiflorum* y, por tanto, en el establecimiento de especies de clima templado en condiciones tropicales de altura. El sistema de labranza vertical utilizado en el T1 logró alcanzar los mayores rendimientos de FV y MS durante la época de altas y bajas precipitaciones, lo que genera respuestas diferenciales en las variables con respecto a los demás sistemas de labranza evaluados.

Méndez *et al.* (2014), Zambrano-Burbano *et al.* (2014) y Vargas y Martínez *et al.* (2018) informaron resultados similares a los hallados en este estudio, lo que ratifica que durante la temporada de altas precipitaciones el rendimiento de FV y MS es mayor.

Yepes y Silveira (2011) afirman que este comportamiento se debe a que la precipitación influye en la producción de biomasa, producto del incre-

mento de la humedad edáfica que causa efectos notables en el crecimiento y calidad de los pastos. Esto último se explica por la relación estrecha que existe entre la precipitación y los factores bioquímicos y fisiológicos que regulan estos procesos biológicos.

Las respuestas significativas del T1 en las variables estudiadas se deben a la fertilización química aplicada al cultivo antecesor, que fue la papa. Debido a su limitado sistema radical, extrae una porción de los nutrientes que se encuentran entre 0-30 cm, y deja grandes cantidades que son utilizadas por el raigrás Aubade (*L. multiflorum*) durante su establecimiento. Rodríguez (1973) afirma que en el momento de cosechar la papa se extraen simplemente los nutrientes de la capa superficial del suelo.

Los rendimientos de MS en la época de bajas precipitaciones se atribuyen a que los sistemas de labranza aplicados no generaron gran efecto en las propiedades físicas, debido a que este suelo no recibió ninguna intervención mecánica tiempo atrás, de acuerdo con los registros históricos del lote. Ceballos *et al.* (2010) afirman que los cambios en las propiedades físicas del suelo se atribuyen a la frecuencia e intensidad de las labores de preparación que al método de labranza.

Ruiz-Eraso *et al.* (2002), al evaluar sistemas de labranza de tracción animal y cincel vibratorio en suelos andisoles, afirman que estas prácticas no tienen efecto en las propiedades físicas del suelo ni en su detrimento, y tampoco en su mejoría. Según plantean, esto se debe a la estabilidad del suelo y al trabajo a corto plazo. Por tanto, no se pueden ver efectos inmediatos en el rendimiento del FV y MS en las praderas de *Lolium* sp.

Conclusión

En la localidad de Pasto, el T3 (dos pases de rastra) demostró ser un método que favorece la producción de forraje verde y materia seca en época de altas y bajas precipitaciones, debido a que garantiza el buen desarrollo radical de *L. hybridum*.

En la localidad de Sapuyes, el T1 (manejo convencional del productor) es un método que favorece los rendimientos de forraje verde y materia seca en épocas de altas y bajas precipitaciones, lo que garantiza buena disponibilidad de nutrientes antes del establecimiento de *L. multiflorum*.

Agradecimientos

Se agradece a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) y a la Universidad de Nariño por posibilitar el desarrollo de esta investigación.

Contribución de los autores

- Jose Libardo Lerma-Lasso. Realizó la investigación, la redacción del borrador original y el análisis de datos.
- Harold Andres Chañag-Miramag. Realizó la investigación, la redacción del borrador original y el análisis de datos.
- Hernán Ojeda-Jurado. Investigación, redacción del borrador original.
- Diego Hernán Meneses-Buitrago: Realizó la redacción del borrador original y el análisis de datos.
- Hugo Ruiz-Eraso. Realizó el diseño de la metodología, la redacción, la revisión y la edición del manuscrito.
- Edwin Castro-Rincón. Contribuyó al diseño de la metodología, la redacción, la revisión y la edición del manuscrito.

Conflicto de intereses

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

Referencias bibliográficas

- Ara, M. Factores edáficos cuyas propiedades físicas afectan el desarrollo de las plántulas de las especies forrajeras. En: C. Lascano y J. Spain, eds. *Establecimiento y renovación de pasturas*. Cali, Colombia: CIAT. p. 32-58, 1991.
- Cadena-Guerrero, Máryory M.; García-Dávila, M. A.; Meneses-Buitrago, D. H.; Morales-Montero, Sonia P. & Castro-Rincón, E. Adaptación de diez cultivares de *Lolium* sp. en el trópico alto de Nariño, Colombia. *Agron. Mesoam.* 30 (1):165-178, 2019. DOI: <https://doi.org/10.15517/am.v30i1.34094>.
- Ceballos, Deisy; Hernández, O. & Vélez, J. Efecto de la labranza sobre las propiedades físicas en un andisol del departamento de Nariño. *Revista de Ciencias Agrícolas.* 27 (1):40-48, 2010.
- Climate-Data.Org. *Clima: Pasto y Sapuyes*. Oedheim, Alemania. <https://es.climate-data.org/location/3811/>. 2019.
- CORPOICA. *Caracterización de los sistemas de producción predominantes de los corregimientos de Barragan y Santa Lucia municipio de Tulua: Informa preliminar*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Cooperativa de Agricultores y Ganaderos de Barragan y Santa Lucia, Fundación para el Desarrollo de Barragan y Santa Lucia, Corporación Autónoma Regional del Cauca, 1994.
- Cortés, F. & Viveros, M. *Guías de laboratorio para análisis bromatológico*. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, 1975.

- FAO. *El sector lechero mundial: Datos*. Roma: FAO. <http://www.dairydeclaration.org/Portals/153/FAO-Global-Facts-SPANISH-F.PDF?v=1>, 2013.
- FAO. *Producción animal: El papel de la FAO en la producción animal*. Roma: FAO. <http://www.fao.org/animal-production/es/>, 2019.
- Grupo de Investigación Producción y Sanidad Animal. *Caracterización y evaluación genética de la población bovina lechera del trópico alto de Nariño para la conformación de núcleos de selección*. Pasto, Colombia: Línea de Genética y Mejoramiento Animal, Universidad de Nariño, 2009.
- Hernández, L. A. Renovación de praderas improductivas. En: *Pastos y forrajes para Colombia. Suplemento ganadero*. 3 ed. p. 59-63, 1992.
- MADR; MinCIT. *Implementación política para mejorar la competitividad del sector lácteo nacional. Programa de apoyo presupuestario al sector lácteo en Colombia en desarrollo del programa DCI-ALA/2012/024-513 octubre de 2015*. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. <https://www.minagricultura.gov.co/ministerio/direcciones/Documents/INFORME%20UE%20FASE%20%20SEGUNDO%20TRAMO%20VARIABLE%20%28MARZO%202016%29.pdf>, 2016.
- Méndez, D. G.; Frigerio, K.; Costa, M.; Mattera, J.; Romero, N. & Fontana, L. *et al.* Producción estacional de forraje de cultivares de *Lolium multiflorum* Lam. en diferentes localidades. En: *Memoria técnica 2013-2014*. Argentina: INTA, 2014.
- Mendiburu, F. de. *Agricolae: Statistical procedures for agricultural research. R package version 1.2-8*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. <https://cran.r-project.org/web/packages/agricolae/index.html>, 2017.
- Mendoza, P. E. 1992. Manejo de praderas en Colombia. En: *Pastos y forrajes para Colombia. Suplemento ganadero*. 3 ed. p. 54-58, 1992.
- Noreña, J. M. & Galeano, H. A. *Efectos del renovador y el escarificador en praderas degradadas de kikuyo (Pennisetum clandestinum Hochst. ex Chiov.)*. Trabajo de grado: Agrónomo. Medellín, Colombia: Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, 2004.
- Pinto, A. *Sector lechero en Colombia: Potencial desperdiciado*. Bogotá: Universidad de los Andes. <https://agronegocios.uniandes.edu.co/2017/09/22/sector-lechero-en-colombia-potencial-desperdiciado/>, 2017.
- Portillo-López, Paola A.; Meneses-Buitrago, D. H.; Morales-Montero, Sonia P.; Cadena-Guerrero, Máryory M. & Castro-Rincón, E. Evaluación y

- selección de especies forrajeras de gramíneas y leguminosas en Nariño, Colombia. *Pastos y Forrajes*. 42 (2):93-103, 2019.
- R Development Core Team. *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. <http://www.icesi.edu.co/CRAN/bin/windows/base/old/3.5.1/>, 2008.
- Rodríguez, J. M. Fertilización de una rotación papa-pastos en suelos volcánicos de Antioquia. *Revista ICA (Colombia)*. 8 (3):229-243, 1973.
- Rodríguez, Lourdes; Torres, Verena; Martínez, R. O.; Jay, O.; Noda, Aida C. & Herrera, Magaly. Models to estimate the growth dynamics of *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-169. *Cuban J. Agric. Sci.* 45 (4):349-354, 2011.
- Ruiz-Eraso, M. H.; Legarda-Burbano, L.; Amézquita, E.; Arteaga, G.; Ceballos, Deisy & Hernández, O. Dinámica de la erosión del suelo bajo cuatro sistemas de labranza, cuantificada a través del microenvolvimiento, en suelos paperos del departamento de Nariño, Colombia. *Revista de Ciencias Agrícolas*. 19 (1-2):23-36, 2002.
- SAGAN. *Encuesta de leche (producción diaria)*. Nariño, Colombia: Cuenta Nacional de Carne y Leche, 2018.
- Silva-Acuña, R.; Sanabria, Damelys; Marcano, Miguelina; Rivas, E.; Barrios, R. & Navas, Mariela. Cambios en las propiedades físicas y químicas de un suelo de sabana bien drenada, con tres sistemas de labranza, en una pastura degradada de *Brachiaria humidicola*. *Zootecnia Trop.* 23 (4):373-392, 2005.
- Toledo, J. M., Ed. *Manual para la evaluación agro-nómica*. Cali, Colombia: Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales, Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1982.
- Vargas-Martínez, J.; Sierra-Alarcón, Andrea; Benavidez-Cruz, J.; Avellaneda-Avellaneda, Y.; Mayorga-Mogollón, Olga & Ariza-Nieto, Claudia. Establecimiento y producción de raigrás y tréboles del trópico alto colombiano. *Agron. Mesoam.* 29 (1):186-200, 2018. DOI: <http://doi.org/10.15517/ma.v29i1.28077>.
- Yepes, Adriana & Silveira-Buckeridge, M. Respuestas de las plantas ante los factores ambientales del cambio climático global. *Colombia Forestal*. 14 (2):213-232, 2011.
- Zambrano-Burbano, Gema L.; Apraez, J. E. & Navia-Estrada, J. F. Relación de las propiedades del suelo con variables bromatológicas de pastos, en un sistema lechero de Nariño. *Revista Ciencias Agrarias*. 31 (2):106-121, 2014. DOI: <http://doi.org/10.22267/rcia.143102.35>.