

## Uso de correctores de pH en suelos ácidos y su efecto sobre el rendimiento en pasturas asociadas del distrito de Pulán - Santa Cruz

### Use of pH correctors in acidic soils and their effect on performance in associated pastures in the district of Pulán - Santa Cruz

Luis Asunción Vallejos Fernández<sup>1\*</sup>, Gilmer Cayotopa Jara<sup>1</sup>, Ronald Martos Correa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias, Universidad Nacional de Cajamarca, Av. Atahualpa 1050, C.P. 06003, Cajamarca, Perú

\*Autor de correspondencia: [lvallejos@unc.edu.pe](mailto:lvallejos@unc.edu.pe)

#### Resumen

Se realizó un experimento con el objetivo de evaluar el efecto del Óxido de calcio y Sulfato de calcio sobre el rendimiento de la asociación raigrás (*Lolium multiflorum* L. ecotipo cajamaquino) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.) en dos pisos altitudinales (PA) de la provincia de Santa Cruz. El experimento se implementó sobre pasturas establecidas, seleccionando el área según su homogeneidad de altura y composición botánica. Se designaron al azar veintiún parcelas de 20 m<sup>2</sup> (5 m x 4 m) por piso altitudinal (PA), bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) distribuidas tres repeticiones. El mayor rendimiento ( $p < 0,05$ ) lo obtuvo el PA I (2800 a 3300 m s.n.m.) con 4565,5 kg MS ha<sup>-1</sup>, sobre el PA II (3301 a 3800 msnm) con 3274,7 kg MS ha<sup>-1</sup>. En el PA II se obtuvieron los mejores rendimientos ( $p < 0,05$ ), a favor del uso de yeso alto y yeso bajo; el menor rendimiento correspondió al uso de cal baja. Es importante mencionar que la información obtenida se ha basado en evaluaciones sobre dos cortes, debido a las intensas lluvias; a pesar de ello se debe resaltar la tendencia positiva que estaría generando el uso de Sulfato de calcio sobre el Óxido de calcio, como mejorador del rendimiento de pasturas asociadas.

**Palabras clave:** correctores, óxido de calcio, sulfato de calcio, pisos altitudinales

#### Abstract

An experiment was carried out with the objective of evaluating the effect of Calcium Oxide and Calcium Sulfate on the performance of the association of ryegrass (*Lolium multiflorum* L. ecotype Cajamaquino) and white clover (*Trifolium repens* L.) in two altitudinal levels (PA) from the province of Santa Cruz. The experiment was implemented on established pastures, selecting the area according to its homogeneity of height and botanical composition. Twenty-one plots of 20 m<sup>2</sup> (5 m x 4 m) were randomly designated per altitudinal floor (AP), under a Randomized Complete Block Design (RBCD) distributed in three repetitions. The highest yield ( $p < 0.05$ ) was obtained by PA I (2800 to 3300 masl) with 4565.5 kg MS ha<sup>-1</sup>, over PA II (3301 to 3800 masl) with 3274.7 kg MS ha<sup>-1</sup>. In PA II the best performances were obtained ( $p < 0.05$ ), in favor of the use of high gypsum and low gypsum; The lowest performance corresponded to the use of low lime. It is important to mention that the information obtained has been based on evaluations of two cuts, due to the intense rains; Despite this, the positive trend that would be generated

by the use of Calcium Sulfate over Calcium Oxide, as an improver of the performance of associated pastures, should be highlighted.

**Key words:** Correctors, calcium oxide, calcium sulfate, altitudinal floors

## Introducción

La región de Cajamarca presenta una gran diversidad de altitudes (m s.n.m.) y ecosistemas. En estos, la temperatura, la precipitación y las características físicas y químicas del suelo varían, lo que genera una correlación positiva entre la altitud y la acidez del suelo (Vallejos et al., 2021). Esta correlación es probablemente una de las principales causas del bajo rendimiento de las pasturas y, como consecuencia, de la baja producción de leche (6,1 kg/vaca/día) en nuestra región (MIDAGRI, 2022).

La producción de cultivos en suelos ácidos enfrenta importantes desafíos debido a la baja calidad del suelo, asociada con un aumento en la tasa de acidificación y la toxicidad del aluminio, lo que afecta negativamente el rendimiento de los cultivos y pastos (Yerima et al., 2020; Wen-rui Zhao et al., 2020). En este contexto, el uso de enmiendas para mejorar los suelos ácidos resulta en un aumento del pH y una disminución en la acidez intercambiable en suelos enmendados con cal y cama de aves de corral. La aplicación de estas enmiendas incrementa la disponibilidad de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) (Masud, 2020).

Asimismo, se ha determinado (Milán et al., 2010) que las enmiendas a base de carbonato de calcio (cal) y sulfato de calcio (yeso) favorecen el aumento de la capacidad de intercambio catiónico y la cantidad de calcio intercambiable. Las altas concentraciones de aluminio (Al), especialmente el  $Al^{3+}$ , son un factor limitante importante para el crecimiento y rendimiento de los cultivos en suelos ácidos ( $pH \leq 5,5$ ). El efecto más reconocido de la toxicidad del Al en las plantas se observa en las raíces, aunque también pueden presentarse daños en las partes aéreas (tallos, hojas y frutos). Como consecuencia de los efectos negativos del Al tóxico, los procesos metabólicos en las raíces, como la absorción de agua y nutrientes, se ven alterados, con una disminución concomitante en la absorción de calcio (Ca). El Ca es una enmienda útil para corregir estos efectos negativos en los cultivos que crecen en suelos ácidos, siendo una práctica agronómica que ofrece alternativas como la caliza o el yeso (Meriño-Gergichevich et al., 2010).

La baja disponibilidad de fosfato ( $P_i$ ) y la alta toxicidad del aluminio (Al) constituyen dos factores estresantes nutricionales importantes que limitan la productividad de las plantas en suelos ácidos. Se ha descubierto que algunos factores, como los ácidos orgánicos (OA), están involucrados en el reclutamiento de bacterias promotoras del crecimiento de las plantas, las cuales pueden secretar OA y fosfatasa para aumentar la disponibilidad de  $P_i$  y disminuir la toxicidad del Al (Chen et al., 2022).

Con el objetivo de abordar estos desafíos, se propuso evaluar el uso de cal y yeso en diferentes niveles sobre el comportamiento productivo de la asociación raigrás-trébol blanco en dos pisos altitudinales de la provincia de Santa Cruz, en los rangos de altitud de 2800 a 3300 m s.n.m. y de 3301 a 3800 m s.n.m.

## Materiales y métodos

El estudio se realizó en la provincia de Santa Cruz-Cajamarca, en los pisos altitudinales: 2800-3300 m s.n.m. y 3301-3800 m s.n.m. (Latitud 06°48'00" "S", Longitud 78°48'00" "W"). La temperatura y precipitación promedios se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Temperatura promedio y precipitación pluvial promedio en los tres PA, durante la fase experimental (Estación Meteorológica: Minera La Zanja)

Mes	PA I		PA II	
	T° (°C)	PP (mm)	T° (°C)	PP (mm)
Enero	14,2	98	7,3	127,6
Febrero	13,4	111	6,9	58,6
Marzo	13,5	133	6,9	92,4
Abril	13,4	91	6,9	141,2
Mayo	12,7	42	7,1	146,4
Junio	11,8	15	6,4	8,6
Julio	11,9	8	6,2	5,4
Agosto	12,3	14	6,2	3,4
Setiembre	12,8	40	6,9	35,4
Octubre	13,6	92	6,8	119,4
Noviembre	13,3	68	8	146,6
Diciembre	13,4	83	7,8	94

Las parcelas experimentales fueron seleccionadas de predios cuya asociación raigrás ecotipo cajamarquino y trébol blanco estaba establecida hace seis años; en ambas parcelas se realizó la resiembra teniendo en cuenta la composición florística de estas especies. Con el fin de aplicar los correctores, se utilizó un arado de punta llevado por una yunta de bueyes, a una profundidad de 10 cm.

A los 45 días de iniciada la evaluación del trabajo, se tomaron las muestras de suelo, con el fin de evaluar cambios en la composición; este momento es importante, ya que es un periodo en el cual el óxido de calcio y sulfato de calcio han empezado a generar una reacción en los componentes del suelo.

El área seleccionada fue de 420 m<sup>2</sup>, cada subparcela de 5 m x 4 m (20 m<sup>2</sup>). La pastura fue cortada con motoguadaña antes de iniciar la evaluación respectiva, misma que se efectuó entre 60 a 90 días.

A partir de los resultados obtenidos de la composición florística de las pasturas, se determinó la cantidad de semillas de raigrás y trébol blanco a utilizar. Se consideraron como tratamientos, tres niveles de cal (1000; 2000 y 3000 kg ha<sup>-1</sup>) y tres niveles de yeso (300, 450 y 600 kg ha<sup>-1</sup>), además de incluir un tratamiento testigo (T0).

### **Parámetros evaluados**

*Rendimiento (kg MS/ha)*

Se usaron cuadrantes de 50 cm x 50 cm (0,25 m<sup>2</sup>), mismos que fueron colocados de manera representativa dentro de cada sub-parcela, cortando luego el forraje que se hallaba dentro del cuadrante y a 5 cm del suelo.

La asociación fue cortada cuando alcanzaba una altura de 20 a 25 cm. Las muestras obtenidas fueron colocadas en bolsas de plástico (10 x 15) e identificadas con plumón de tinta indeleble para su transporte en cajas refrigerantes (cooler) al gabinete de trabajo ubicado en la UNC donde se realizó el pesado de todas ellas en una balanza electrónica ( $\pm 1,0$  g).

#### *Altura de la planta (cm)*

Se utilizó una regla de 70 cm para medir la altura promedio de los cultivares. Se registró como altura, la parte donde se concentran la mayor cantidad de hojas (Saldanha, 2018).

#### **Análisis estadístico**

El diseño estadístico utilizado en el experimento fue el de Bloque Completos al Azar. Se utilizó el software INFOSTAT Versión 2018 para realizar el análisis, y para la diferencia de medias la prueba de Tukey.

Previamente a la aplicación del análisis, se determinó la normalidad y homogeneidad de varianzas mediante las pruebas de Shapiro-Wilks ( $p < 0,05$ ) y Levene ( $p < 0,05$ ), respectivamente.

#### **Resultados y discusión**

##### ***Rendimiento promedio de las pasturas asociadas en los dos PA***

En la Tabla 2 se observa que, el rendimiento (kg MV ha<sup>-1</sup>) presenta diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) a favor del yeso alto, seguido por cal alta, yeso bajo, cal baja y yeso medio; los rendimientos son menores para cal media y para el T0 (sin uso de correctores). Sin embargo, cuando los datos se expresan en materia seca (MS) no existe diferencia significativa ( $p > 0,05$ ), lo que reafirma que la validez de la investigación en pasturas y forrajes se debe basar solamente en resultados de 100 % de MS, ya que este parámetro estandariza los valores obtenidos en los tratamientos. Por lo tanto, se concluye que, no existe diferencia significativa entre tratamientos ( $p > 0,05$ ), cualquiera de ellos puede ser usado como corrector en los dos PA evaluados.

Se afirma también que, hay efecto de la interacción ( $p < 0,05$ ), es decir que el rendimiento se ve afectado por la altitud y enmiendas. En cuanto al rendimiento (kg MS ha<sup>-1</sup>) por PA, el mayor valor correspondió al PA I ( $p < 0,05$ ), probablemente debido a las mejores condiciones de temperatura y menor concentración de aluminio en el suelo (Silveira y Kohmann, 2020; Vallejos et al. 2020). Se coincide en este sentido también con Yerima et al., 2020; Wen-rui Zhao et al., 2020, que esta diferencia entre pisos probablemente se deba a la baja calidad del suelo en el PA II, por lo que el uso adecuado de enmiendas aumenta el pH del suelo e incluso la disponibilidad a la planta en macrominerales como el N, P, K, Ca y Mg (Masud, 2020; Shetty et al., 2020; Millán et al. 2010).

Los valores obtenidos en nuestro estudio son superiores a los obtenidos por Vallejos et al. (2020) y Vallejos et al. (2021), probablemente por el momento de corte de las pasturas y porque se ha determinado que cuando pasturas *Lolium multiflorum* y *Trifolium repens*, se asocian, el rendimiento es mayor que cuando se evalúan como monocultivos (separados). Nuestros valores son similares a los hallados por Mantilla (2024), probablemente porque ambos estudios han considerado pasturas asociadas y parecido momento de corte.

**Tabla 2.** Rendimiento promedio de pasturas raigrás ecotipo cajamarquino-trébol blanco con el uso de correctores en suelos ácidos en dos pisos altitudinales de la provincia de Santa Cruz y San Miguel

<b>CORRECTORES DE ACIDEZ</b>	<b>RENDIMIENTO (kg MV ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>RENDIMIENTO (kg MS ha<sup>-1</sup>)</b>
Yeso alto	17 868,0 <sup>a</sup>	5427,5
Cal alta	14 196,7 <sup>ab</sup>	4336,2
Yeso bajo	12 962,0 <sup>ab</sup>	4016,9
Cal baja	11 850,0 <sup>ab</sup>	3790,5
Yeso medio	10 829,3 <sup>ab</sup>	3479,6
Testigo	9846,7 <sup>b</sup>	3166,7
Cal media	9714,7 <sup>b</sup>	3223,5
<i>P</i> valor	0,0221	0,0560
<i>Error estándar</i>	1668,96	511,19
<i>C.V.</i>	32,79%	31,94
<i>Interacción</i>	0,1089	0,0377
<b>PISO ALTITUDINAL</b>	<b>RENDIMIENTO (kg MV ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>RENDIMIENTO (kg MS ha<sup>-1</sup>)</b>
PA I	14 510,10 <sup>a</sup>	4565,5 <sup>a</sup>
PA II	10 423,43 <sup>b</sup>	3274,7 <sup>b</sup>
<i>P</i> valor	0,0031	0,0024
<i>Error estándar</i>	892,10	273,24

### **Rendimiento de raigrás ecotipo cajamarquino-trébol blanco, por PA**

#### *Piso altitudinal I*

Se puede observar en la tabla 3, que no existe diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) entre tratamientos, probablemente debido a las mejores condiciones climáticas como también menor concentración de Al<sup>3+</sup> (Vallejos et al. 2021; Masud, 2020; Shetty et al., 2020; Millán et al. 2010).

**Tabla 3.** Rendimiento de pasturas raigrás ecotipo cajamarquino-trébol blanco con el uso de correctores en suelos ácidos en el Piso Altitudinal I (2800-3300 m s.n.m.) de la provincia de Santa Cruz y San Miguel

CORRECTORES DE ACIDEZ	RENDIMIENTO (kg MV ha <sup>-1</sup> )	RENDIMIENTO (kg MS ha <sup>-1</sup> )
Yeso alto	22 321,3	6696,4
Cal baja	17 697,3	5840,1
Cal alta	15 437,3	4785,6
Yeso bajo	13 096,0	3928,8
Cal media	11 478,7	3902,8
Testigo	11 418,7	3768,2
Yeso medio	10 121,3	3036,4
<i>P valor</i>	0,1213	0,1288
<i>Error estándar</i>	2995,7	907,3
<i>C.V.</i>	32,76%	34,42

#### *Piso altitudinal II*

Se observa en la tabla 4 que, el mejor valor ( $p < 0,05$ ) lo alcanza el yeso alto en cantidad de 600 kg ha<sup>-1</sup>, seguido por el yeso bajo, cuando se usa 300 kg ha<sup>-1</sup>; se debe indicar también que tanto la cal alta, como yeso medio, testigo y cal media tienen un rendimiento estadísticamente similar al yeso alto y bajo. El rendimiento más bajo lo obtuvo la cal baja, con 1000 kg ha<sup>-1</sup>. Se reafirma a través de este estudio que, en suelos de menor calidad, el uso de enmiendas ejerce un efecto positivo en la respuesta productiva de las pasturas, siendo el yeso una interesante opción de mejora de la calidad del suelo; adicionalmente el aporte en azufre del yeso, probablemente constituye un elemento imprescindible de la molécula proteica (Shetty et al., 2020; Vera-Villalobos. Et al 2020).

**Tabla 4.** Rendimiento de pasturas raigrás ecotipo cajamarquino-trébol blanco con el uso de correctores en suelos ácidos en el Piso Altitudinal II (2800-3300 m s.n.m.) de la provincia de Santa Cruz y San Miguel.

CORRECTORES DE ACIDEZ	RENDIMIENTO (kg MV ha <sup>-1</sup> )	RENDIMIENTO (kg MS ha <sup>-1</sup> )
Yeso alto	13 414,7 <sup>a</sup>	4158,6 <sup>a</sup>
Cal alta	12 956,0 <sup>ab</sup>	3886,8 <sup>ab</sup>
Yeso bajo	12 828,0 <sup>ab</sup>	4105,0 <sup>a</sup>
Yeso medio	11 537,3 <sup>ab</sup>	3922,7 <sup>ab</sup>
Testigo	8274,67 <sup>ab</sup>	2565,2 <sup>ab</sup>
Cal media	7950,7 <sup>ab</sup>	2544,2 <sup>ab</sup>
Cal baja	6002,7 <sup>b</sup>	1740,8 <sup>b</sup>
<i>P valor</i>	0,0146	0,0121
<i>Error estándar</i>	1472,3	471,21
<i>C.V.</i>	24,47 %	24,92 %

#### **Conclusiones**

El piso altitudinal I muestra un mejor rendimiento de pasturas en comparación con el piso altitudinal II. En el PA I (2800 a 3300 m s.n.m.), tanto la cal como el yeso pueden utilizarse como correctores en cualquiera de los niveles empleados. En el PA II (3301 a 3800 m s.n.m.), el yeso, en sus modalidades alta o baja concentración, resulta ser la opción más efectiva para mejorar el rendimiento de las pasturas asociadas de raigrás-trébol blanco.

## Referencias

- Egan, M., Galvin, N., & Hennessy, D. (2018). Incorporación de trébol blanco (*Trifolium repens* L.) en céspedes de ballica perenne (*Lolium perenne* L.) que reciben niveles variables de fertilizante nitrogenado: Efectos en la producción de leche y forraje. *Revista de Ciencia Láctea*, 101(4), 3412–3427. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13233>
- FAO. (2022). Portal de suelos. Consultado el 26 de diciembre de 2022. Disponible en: <https://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/>
- Huamán, E. (2023). Dinámica de crecimiento del rye grass y trébol blanco en diferentes frecuencias de corte y tres niveles de densidad de siembra, en el valle de Cajamarca (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca, Perú).
- INTA. (2016). Manual del Protagonista Pastos y Forrajes. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. Nicaragua. p. 1.
- Lus, J. (2010). Raigrás anual. *Producir XXI*, 18(222), 26–35.
- Maruelli, J. N. (2017). Valoración nutritiva de los alimentos: importancia de la fibra en la alimentación animal.
- Masud, M. M., Abdulaha-Al Baquyb, M., Akhtera, S., Sena, R., Barmana, A., & Khatuna, M. R. (2020). Liming effects of poultry litter derived biochar on soil acidity amelioration and maize growth. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 202, 110865. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110865>
- MIDAGRI. (2022). Anuario estadístico - Producción ganadera y avícola 2021 (Año N° 6).
- Millán, G., Vazquez, M., Terminiello, A., & Buscio, D. (2010). Efecto de las enmiendas básicas sobre el complejo de cambio de algunos suelos ácidos de la Región Pampeana. *Ciencia del Suelo*, 28(2), 131–140. <https://doaj.org/article/bd4df7dc41174a96baf65a28b9557c58>
- Pagliaricci, H., & Saroff, C. (2008). Morfofisiología de las plantas forrajeras. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. 34 p.
- Shetty, R., Vidya, C. S. N., Prakash, N. B., Lux, A., & Vaculík, M. (2020). Aluminum toxicity in plants and its possible mitigation in acid soils by biochar: A review. *Science of The Total Environment*, 142744. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142744>
- Silveira, M. L., & Kohmann, M. M. (2020). Maintaining soil fertility and health for sustainable pastures. In *Management strategies for sustainable cattle production in southern pastures* (pp. 35–58). Elsevier.

- Vallejos, L., Álvarez, W., Paredes, M., Pinares, C., Bustíos, J., Vásquez, H., & García, R. (2020). Comportamiento productivo y valor nutricional de 22 genotipos de raigrás (*Lolium* spp.) en tres pisos altoandinos del norte de Perú. *Scientia Agropecuaria*, 11(4), 537–545. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.04.09>
- Vallejos, L., Álvarez, W., Paredes, M., Saldanha, S., Guillén, R., Pinares, C., Bustíos, J., & García, R. (2021). Comportamiento productivo y valor nutricional de siete genotipos de trébol en tres pisos altitudinales de la sierra norte del Perú. *Revista de Investigación Veterinaria del Perú*, 32(1), e17690. <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i1.17690>
- Vera-Villalobos, H., Lunario-Delgado, L., Pérez-Retamal, D., Román, D., Leiva, J. C., Zamorano, P., Mercado-Seguel, A., Gálvez, A. S., Benito, C., & Wulff-Zottele, C. (2020). Sulfate nutrition improves short-term Al<sup>3+</sup>-stress tolerance in roots of *Lolium perenne* L. *Plant Physiology and Biochemistry*, 148, 103–113. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.01.011>
- Wen-rui, Z., Jiu-yu, L., Jun, J., Hai-long, L., Zhi-neng, H., Wei, Q., Ren-kou, X., Kai-Ying, D., & Peng, G. (2020). The mechanisms underlying the reduction in aluminum toxicity and improvements in the yield of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) after organic and inorganic amendment of an acidic ultisol. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 288, 106716. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106716>
- Yerima, B. P. K., Enang, R. K., Kome, G. K., & Van Ranst, E. (2020). Exchangeable aluminium and acidity in Acrisols and Ferralsols of the north-west highlands of Cameroon. *Geoderma Regional*, 23, e00343. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2020.e00343>