



EVALUACIÓN DE CORRECTIVOS DE ACIDEZ EN UN ANDISOL CULTIVADO CON AGUACATE “HASS”.

Nathalia Gutiérrez¹✉; Francisco Restrepo²

1 I.A. asistente de investigación y desarrollo, Agrosilicium S.A.S., Medellín, Colombia. ✉ nathalia.gutierrez@agrosilicium.com.

2 I.A., M.Sc., Gerente técnico, Agrosilicium S.A.S., Medellín, Colombia.

PALABRAS CLAVES:
Enmienda, Andisol, silicio, Aluminio, pH.

RESUMEN

La acidez del suelo es uno de los grandes limitantes para la producción de cultivos ya sea por deficiencias nutricionales o toxicidades en las plantas, comúnmente por aluminio en suelos tropicales. El objetivo de esta prueba de campo fue evaluar la efectividad de tres enmiendas formuladas a partir de diferentes fuentes en la corrección de acidez y su incidencia sobre el contenido de Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Aluminio (Al) intercambiable de un Andisol ubicado en Guática (Risaralda – Colombia). La composición y dosis de cada tratamiento fue: 1) M1 (30% CaO, 13% MgO, 3% P₂O₅, 3% S y 12% SiO₂), 3 kg/árbol; 2) M2 (55% CaO y 45% MgO), 1 kg/árbol y 3) M3 (3.12% K₂O, 27.5% CaO, 11.74% MgO y 4.7% S), 0.3 Kg/árbol respectivamente. Periódicamente se tomaron muestras de suelo a una profundidad de 0 a 20 cm para el análisis de pH, Ca⁺², Mg⁺² y Al⁺³ intercambiables. Adicional, se instalaron 3 sondas a profundidades de 20, 40 y 60 cm para M1 y M2 y se tomó el pH directamente de la solución del suelo. El correctivo M1 compuesto con silicio y sulfatos resultó significativamente más eficaz en comparación con las otras mezclas al aumentar el pH de manera inmediata y permanente en el suelo y en la solución a las diferentes profundidades evaluadas, además de neutralizar y disminuir el aluminio intercambiable hasta 15 veces, respecto a la condición inicial. En la medida que el pH aumentó y disminuyó el aluminio, los contenidos de Ca⁺² y Mg⁺² intercambiable aumentaron progresivamente sin diferencia significativa entre tratamientos.

EVALUATION OF ACIDITY CORRECTIVE IN AN ANDISOL CULTIVATED WITH HASS AVOCADO.

KEYWORDS:

Amendment, andisol, silicon, aluminum, pH.

SUELOS ECUATORIALES
49 (1 y 2): 38-44

ISSN 0562-5351
e-ISSN 2665-6558

RESUMEN

Soil acidity is one of the main limitations for crop production, either due to nutritional deficiencies and toxicity in plants, commonly by aluminum in tropical soils. The objective of this field trial was to evaluate the effectiveness of three amendments formulated from different sources in the acidity correction and its incidence in the content of exchangeable Ca⁺², Mg⁺² and Al⁺³ of an Andisol located in Guática (Risaralda - Colombia). The composition and dose of each treatment was: 1) M1 (30% CaO, 13% MgO, 3% P₂O₅, 3% S y 12% SiO₂), 3 kg/tree; 2) M2 (55% CaO y 45% MgO), 1 kg/tree and 3) M3 (3.12% K₂O, 27.5% CaO, 11.74% MgO y 4.7% S), 0.3 Kg/tree. Periodically soil samples were taken to depth of 0 to 20 cm for the analysis of pH, Ca⁺², Mg⁺² and Al⁺³. Additional, for treatments M1 and M2 three soil probes were installed at depths of 20, 40 and 60 cm to measure the pH directly from the soil solution. The corrective of acidity soil M1 was significantly more efficient compared to the other mixtures, increasing the pH immediately and permanently in the soil and in the solution at the different depths evaluated, in addition to complexing and decrease the extractable aluminum up to 15 times, with respect to the initial condition. As the pH increases and aluminum decreases, the contents of Ca⁺² and Mg⁺² increase progressively without significant difference between treatments.

Rec.: 01.10.2019
Acep.: 11.11.2019

INTRODUCCIÓN

Según el ministerio de agricultura de Colombia (2018) el país es el cuarto productor de aguacate en el mundo con un área estimada de 73.986 Ha y una producción de 403.184 Ton, convirtiéndose en el sexto producto agrícola más exportado en Colombia, después del café, banano, flores, aceite de palma y azúcar (Díaz, J.A;). El pH óptimo para este cultivo comprende un rango entre 5,5 y 6,5. Suelos ácidos presentan problemas de toxicidad por aluminio y/o manganeso, baja disponibilidad de elementos esenciales, como Fósforo (P), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg), siendo este caso uno de los problemas más limitantes en el uso del suelo en los trópicos (Malagón, 2003).

Existen diversos materiales en el mercado capaces de reaccionar en el suelo y elevar el pH. Entre los materiales que se utilizan como correctivos de acidez se encuentran principalmente los carbonatos, óxidos, hidróxidos y silicatos de Ca y/o Mg (Alcarde, 1992). El uso de cales tradicionales (carbonatos) para corregir la acidez en pastos o cultivos establecidos, sin un proceso de incorporación o rastrillado, hace que su efecto sea mínimo, ya que el ion carbonato se disipa como CO₂ y no migra a través del perfil del suelo, por lo cual la aplicación superficial de carbonatos se limita al lugar de aplicación y no corrige el pH ni neutraliza el aluminio en las capas inferiores del perfil del suelo (Espinosa y Molina, 1999). Por otro lado la utilización de óxidos e hidróxidos de calcio para corregir el complejo acidez, es sumamente efectivo, pero, por periodos muy cortos de tiempo, ya que su alta solubilidad implican la lixiviación del mismo y no una permanencia en el perfil del suelo, sin dejar de lado los riesgos en su manipulación e inhalación.

Por esta razón se promueve el uso de enmiendas complejas, que son la mezcla de varios correctivos los cuales logran corregir el complejo acidez en superficie y en profundidad, brindan la posibilidad de mezclar calcio y fósforo sin que este se fije gracias a la incorporación de silicio a la mezcla que evita esta reacción y se pueden utilizar en casi todo tipo de suelos ácidos ya sea

incorporando o al voleo sobre praderas establecidas (Bernal, 2008). De esta manera, el efecto de la fertilización balanceada se expresa mejor cuando la acidez del suelo ha sido eliminada como factor limitante, de manera que se estimula el crecimiento radical y por tanto, se incrementa la efectividad de la nutrición, la cual se expresa en el aumento de los rendimientos de los cultivos (Espinosa y Molina, 1999). Los suelos tropicales y subtropicales generalmente tienen bajos niveles de Si disponible para las plantas y por lo tanto podría beneficiarse de la fertilización con Silicio. Los diferentes cultivos tienden a remover grandes cantidades de silicio del suelo. La razón por la cual se obtienen las respuestas en rendimiento no ha sido totalmente entendida, pero muchos mecanismos han sido propuestos. Algunos estudios indican que los incrementos en rendimientos se debe a una resistencia inducida a factores bióticos y abióticos, tales como resistencia a plagas y enfermedades, alivio de toxicidades de Al, Mn, Fe, Cd, As, Pb, e incremento de la disponibilidad de P y mejora en la eficiencia del uso del agua (Narayan et al. 2008). El objetivo de este ensayo fue Evaluar el cambio de pH en el suelo con la aplicación de diferentes correctivos de acidez y su efecto en el contenido de Ca, Mg y Al intercambiable del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta prueba de campo se realizó en el municipio de Guática, Risaralda-Colombia, en el lote 1 de la finca la Estrella, ubicada a 2080 m.s.n.m con una precipitación de 2500 mm/año. El suelo corresponde a un andisol con condiciones iniciales de textura FA.R.A, (51% de arena, 29% de arcilla y 20% de limos), concentraciones de Ca: 0.66 cmol (+)/kg, Mg: 0.16 cmol(+)/kg, K: 0.12 cmol(+)/kg y Al: 1.7 cmol/kg. Contendidos de P: 1 mg/kg, B: 0.24 mg/kg, S: 12.8 mg/kg y Cu: 5.1 mg/kg.

El 27 de Diciembre de 2018 se aplicaron tres productos correctivos de acidez, compuestos por diferentes fuentes de Ca y Mg (tabla1). Los tratamientos se aplicaron en tres zonas del lote separadas por surcos donde se marcaron tres arboles de la línea central de cada tratamiento para la posterior toma de muestras de

suelo de 0 a 20 cm de profundidad. Adicionalmente para los tratamientos M1 y M2 se instalaron tres sondas a través del perfil del suelo a 20, 40 y 60 cm de profundidad ubicadas en el área del plato de los árboles marcados.

Las variables a evaluar fueron: pH con una medición directa en la solución del suelo extraída con las sondas y con la técnica del potenciómetro (relación suelo:agua 1:2) en el suelo. El Calcio, magnesio y aluminio

intercambiable se determinaron a partir del análisis químico de las muestras de suelo. El periodo de estudio se realizó durante el primer semestre del 2019.

Se realizó un análisis de varianza de los resultados para determinar diferencias estadísticas entre tratamientos y se utilizó la prueba de comparación de promedios de Tukey con una confiabilidad de 95%, con el programa estadístico Rstudio versión 1.0.1.5

Tabla 1. Descripción de los tratamientos evaluados.

Tratamiento	Fuentes	Composición	Dosis (Kg/árbol)
M1	Silicato de Mg, carbonato, sulfatos y roca fosfórica	30% CaO, 13% MgO, 3% P, 3% S y 12% SiO ₂	3
M2	óxido de calcio y óxido de magnesio	55% CaO y 45% MgO	1
M3	hidróxido de calcio, óxido de magnesio y sulfatos	3,12% K ₂ O, 27,5% CaO, 11,74% MgO y 4,7% S	0,3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cambios del pH

El pH del suelo condiciona la disponibilidad de los nutrientes para la planta. Sin embargo, se debe considerar el cultivo y el suelo, ya que cada planta tiene un pH óptimo y un rango de tolerancia para su desarrollo. En el caso del aguacate el pH óptimo comprende un rango entre 5,5 y 6,5. Sin embargo, en este caso de estudio las condiciones iniciales del suelo presentaban un pH bajo clasificado como fuertemente ácido (pH≈4,8). Con el tratamiento M1 se incrementó de manera significativa el pH hasta 0,91 unidades 30 dda, mientras con M2 y M3 solo se logró incrementar hasta 0,53 unidades 30 dda y 20dda respectivamente (tabla 2).

En la gráfica 1 se observa más claramente la dinámica del pH del suelo en respuesta a la aplicación de M1 respecto a M2 y M3. A partir de los primeros 20 días después de la aplicación (dda) de los diferentes correctivos se observó una respuesta más rápida en el aumento del pH con las fuentes M1 y M3 respecto a M2, debido a la alta solubilidad en sus componentes. En el caso de M1 el aumento del pH fue significativamente mayor desde el primer mes hasta el cuarto mes después de la aplicación, alcanzando un valor máximo de pH de 5,7. Mientras que M3 a pesar de que también reaccionó rápidamente, tuvo un impacto menos duradero volviendo a reducir el pH a partir del primer mes.

La efectividad en la corrección de acidez del producto M1 se puede explicar por la combinación de fuentes alcalinizantes, como el silicato de magnesio que aporta el anión SiO₃²⁻, una base débil que reacciona en forma

similar al CO3-2 en el suelo (Alcarde,1992). Además el aporte de fuentes de baja y alta solubilidad de calcio y magnesio pueden favorecer un efecto más rápido y prolongado del control de la acidez.

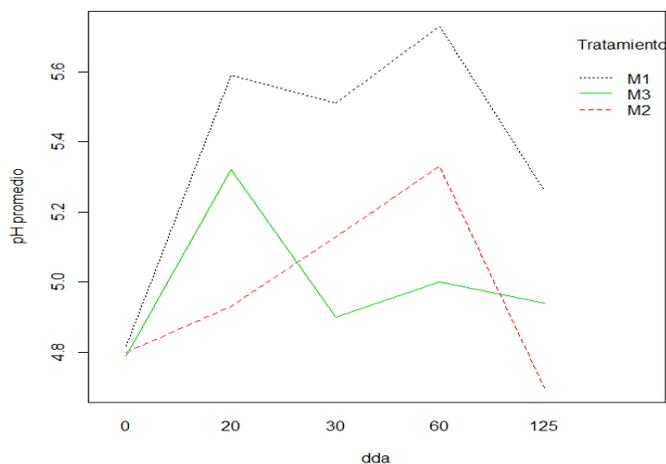
En la gráfica 2 se observa que la dinámica del pH medido directamente de la solución del suelo extraída

con las sondas concuerda con lo encontrado con la pasta de suelo saturada, se detalla la corrección de acidez que logra M1, de manera más eficiente que M2, incrementando 1 unidad de pH en 30 días después de aplicación y manteniéndolo por encima de 5,5 aproximadamente cuatro meses después.

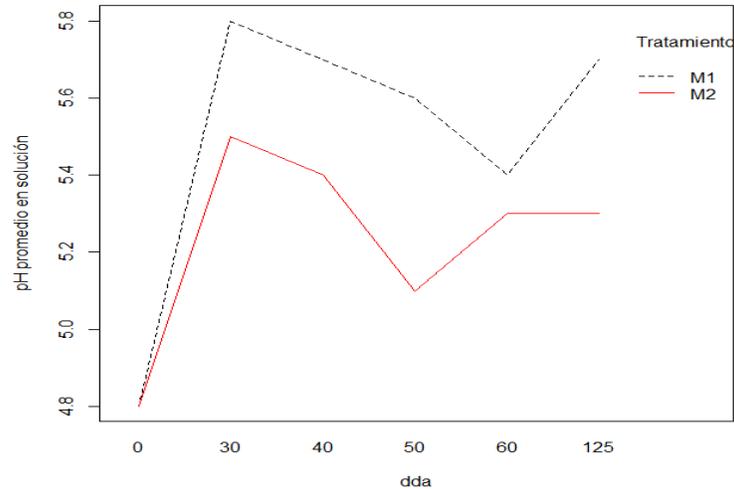
Tabla 2. Valores promedio del pH del suelo después de la aplicación de los correctivos de acidez.

dda	pH promedio			Valor p
	M1	M2	M3	
0	4,82 a	4,80 a	4,79 a	0,995
20	5,59 a	4,93 b	5,32 ab	0,0374*
30	5,73 a	5,33 ab	5,00 b	0,0505.
125	5,26 a	4,70 b	4,94 c	0.000446**

Letras diferentes en cada fila indican diferencia significativa entre tratamientos.



Gráfica 1. Efecto de los productos correctivos en la dinámica del pH del suelo.



Grafica 2. Dinámica del pH en la solución del suelo a lo largo del perfil días después de la aplicación (dda) de M1 y M2.

Aluminio intercambiable

Los andisoles o suelos derivados de ceniza volcánica presentan propiedades químicas y mineralógicas particulares que se deben entre otras cosas a su composición elemental rica en aluminio, producto del lavado de silicio, sodio, calcio y otros cationes durante la formación del suelo (Pulido 2006), por esta razón es normal encontrar una concentración de Al intercambiable inicial alta ($Al+3=1.7\text{cmol/kg}$). El efecto de los tratamientos en el contenido de Al intercambiable puede observarse en la tabla 3. Dos meses después de la aplicación M1 redujo significativamente el aluminio a

una concentración de $0,11\text{cmol/kg}$ lo que equivale a 15 veces menos la concentración inicial. Para el segundo periodo del año se obtuvo que el aluminio intercambiable en el suelo tratado con M1 seguía estando en concentraciones más bajas respecto a M2 y M3, lo cual se atribuye al aporte de silicio de este correctivo y su capacidad de acomplejar aluminio en compuestos de baja solubilidad, además de su capacidad de mantener el efecto correctivo de la acidez del suelo. De acuerdo con Espinosa & Molina (1999), lo recomendable en suelos de cargas variables donde la CIC varía con el pH como los andisoles es elevar el pH alrededor de 5,3-5,5 para que el $Al+3$ se precipite.

Tabla 3. Contenido de Al intercambiable en el suelo.

FECHA	Tratamiento	Al Cmolc kg-1	
		promedio	Valor P
Febrero	M1	0,11 a	0,0211*
	M2	0,18 b	
	M3	1,49 b	
Mayo	M1	0,59 a	0,355
	M2	1,42 a	
	M3	1,08 a	

Método de análisis: KCl 1M- espectrofotometría de absorción atómica. Letras diferentes en cada fila indican diferencia significativa entre tratamientos.

Contenido de calcio y magnesio

Inicialmente los valores de Calcio y Magnesio en el suelo correspondían a valores muy bajos para el cultivo de aguacate 0.66 cmol (+)/Kg y 0.16 cmol (+)/Kg respectivamente. A pesar de que hubo un incremento en la concentración de Ca y Mg en el suelo posterior a la aplicación de los correctivos, no se encontró diferencia significativa entre estos (tabla 4).

De acuerdo con Navarro & Navarro, 2003; citados por Bernal et al, 2017, la incorporación de materiales

enclantes en el suelo contribuye y favorece el incremento de bases intercambiables, ya que la acción principal de esta técnica consiste en la corrección de las condiciones químicas del mismo; incremento del pH y a su vez disminución del porcentaje de saturación de Al³⁺ intercambiable. Además de esto la composición y cantidad del material también influye en la concentración de Ca y Mg ya que una vez se adiciona al suelo se da el desplazamiento del elemento hacia la fase intercambiable promoviendo su disponibilidad (Zetina et al. 2005).

Tabla 4. Efecto residual de la aplicación de las mezclas correctivas de acidez sobre el contenido de Ca y Mg intercambiables.

Meses dda	Tratamiento	Mg Cmolc kg-1	Valor p	Ca Cmolc kg-1	Valor p
2	M1	0,46 a	0,854	2,76 a	0,86
	M2	0,38 a		1,94 a	
	M3	0,63 a		1,90 a	
5	M1	0,52 a	0,71	3,19 a	0,13
	M2	0,39 a		1,45 a	
	M3	0,61 a		1,45 a	
6	M1	0,62 a	0,983	3,13 a	0,738
	M2	0,55 a		1,76 a	
	M3	0,60 a		2,67 a	

Método de análisis: extracto AcNH4 1M- espectrofotometría de absorción atómica. Letras diferentes en cada fila indican diferencia significativa entre tratamientos.

CONCLUSIONES

El tratamiento M1 presento mejores resultados en cuanto al acondicionamiento del suelo y corrección de acidez, Esto gracias a su composición que combina fuentes de rápida y lenta absorción como sulfatos y carbonatos, además el aporte de silicio tiene como ventaja disminuir y acomplejar Aluminio intercambiable de manera más efectiva, el cual podría llegar a niveles tóxicos en algunos andisoles. Los contenidos de calcio y magnesio en el suelo presentaron un incremento después de la aplicación de las enmiendas, sin embargo

no se presentó diferencia significativa entre tratamientos.

REFERENCIAS

- ALCARDE, J. C. (1992). Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas. São Paulo: ANDA.
- BERNAL, A. A., MONTAÑO, J. C., SÁNCHEZ, R., ALBARRÁN, Y. L., & FORERO, F. E. (2017). Evaluación de

materiales encalantes y orgánicos sobre las bases intercambiables de un suelo sulfatado ácido en invernadero.

BERNAL A. 2008. Manejo ecológico del suelo: la agricultura en regiones tropicales. 5 ed. Buenos Aires: Ateneo.

DIAZ, J.A. (2018). Las 5 claves en el cultivo del aguacate. Recuperado el 05 de agosto 2019 de <http://https://www.cropscience.bayer.co/Centro-de-Noticias/Noticias/2018/09/Cinco-claves-Aguacate.aspx>

ESPINOSA J., MOLINA E. 1999. Acidez y encalado de los suelos. INPOFOS, Quito, Ecuador. 42 p.

KORNDORFER, G.H. y LEPSCH, I. (2001). Effect of silicon on plant growth and crop yield. *Studies in Plant Science*. 8: 133-137.

MALAGÓN, D., 2003. Ensayo sobre tipología de suelos colombianos -Énfasis en génesis y aspectos ambientales- *Rev. Academia Colombiana de Ciencias*. 27(104): 319-341.

MINISTERIO DE AGRICULTURA DE COLOMBIA. (2018). Cadena de aguacate-Indicadores e Instrumentos. <https://imgcdn.larepublica.co/cms/2018/09/26180443/Aguacate.pdf?w=auto>

NARAYAN, K. S., KORNDORFER, G.H., DATNOFF, L.E., SNYDER, G.H. (2008). Silicon nutrition and sugarcane production: a review. *Journal of Plant Nutrition*, 22: 1853-1903.

PULIDO, C. (2006). Andisoles, Instituto Geográfico Agustín Codazzi- Colciencias. En: Estudio de las sustancias húmicas en andisoles y mollisoles de Colombia desarrollados bajo ambientes ecológicos diferentes. Bogotá, Colombia. pp. 1-10.

ZETINA, R., TRINIDAD, A., OPEREZA, J., VOLKE, V. Y LANDOIS, L. (2005). Relación bases intercambiables -rendimiento de maíz en un cambisol dístico con labranza, encalado y abono verde. *Terra Latinoamericana*. 23 (3): 389-397.