



DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2525

Manejo agronómico de la acidez y aluminio en suelos de plantaciones de café, *coffea arabica* en berriozabal, motozintla

Cerda, O. Mauricio Gerardo

mauricio.cerda@unach.mx

<https://orcid.org/0000-0001-9127-2092>

Salgado, M. Marisela Guadalupe

marisela.salgado@unach.mx

Esquinca, R. Humberto

Humberto.esquinca@unach.mx

<https://orcid.org/0000-0002-9037-3120>

Gomez, V. Abdiel Ivan

abdi_ventura17@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-2664-777X>

Universidad Autónoma de Chiapas UNACH Campus IV.
Huehuetan, Chiapas, México.

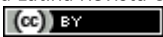
Correspondencia: mauricio.cerda@unach.mx

Artículo recibido: 15 junio 2022. Aceptado para publicación: 29 junio 2022.

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

Todo el contenido de **Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar**, publicados en este sitio están disponibles bajo

Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



Como citar: Cerda, M. G., Salgado, M. G., Esquinca, H., & Gómez, A. I. (2022) Manejo agronómico de la acidez y aluminio en suelos de plantaciones de café, *coffea arabica* en berriozabal, motozintla. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 6(4), 147-164. DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2525

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en una plantación comercial de café árabe (*Coffea arabica*) en el ejido Berriozábal, municipio de Motozintla Chiapas.

La acidez de los suelos constituye un problema de importancia en la producción agrícola ya que afecta de forma determinante algunas de las características químicas y biológicas del suelo, de modo que en general, reduce el crecimiento de las plantas, y ocasiona por una parte una disminución en la disponibilidad de algunos elementos tales como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio; y por otra la proliferación de elementos tóxicos como el aluminio y el manganeso.

Las prácticas convencionales en campo para manejar estos problemas es la aplicación directa de materiales de encalado. Sin embargo, esta técnica si bien eleva los niveles de acidez del suelo, no elimina los problemas de acumulación del aluminio.

Con base a ello, el objetivo de la investigación fue, emplear dos fuentes mejoradoras en el suelo, una que primero solubilizara el aluminio y la segunda que elevara los niveles de pH.

Se utilizó un diseño experimental en parcelas divididas en bloques al azar, con ocho tratamientos y tres repeticiones, donde la parcela grande (PG) eran los tipos de enmiendas (tipos de cal), y la parcela chica la aplicación de yeso para solubilizar el aluminio.

El mejor Tratamiento para la solubilización del aluminio e incremento del pH fue el tratamiento 1 (cal dolomítica con yeso), seguido por el Tratamiento 4 (Hidróxido de Calcio) donde se incrementó el pH así como los niveles de CIC, y disminuyeron los niveles de aluminio. Lo mismo sucedió con el Tratamiento 5 (Cal agrícola con yeso) pero en niveles más bajos. Para el testigo relativo (solo yeso) hubo una ligera disminución del aluminio, mientras que para el testigo absoluto (ninguna aplicación) no hubo ninguna mejora.

Palabras clave: enmienda; solubilidad; pH; acidez.

Agronomic management of the acidity and aluminium in coffee plantations soils *coffea arabica*, in berriozabal, motozintla

ABSTRACT

The former experiment was made in a comercial coffe plantation at Berriozabal, Motozintla Chiapas.

The acidity of the soils constitutes a main problem in agricultural production, since it affects in a ver important way some chemical and biological properties of the soils, causing reduction of plant growing and affecting both, the nutrient availability of some chemical elements such as nitrogen, phosphate, potassium, calcium, magesium and de proliferation of some toxicity elements like aluminium and manganese.

The conventional agronomic practices to manage these problems is the direct application of soil amendmets such as lime or limestone and similiar compounds. However this technique, solves the acidity problem, but do not eliminates the acumulation of aluminium.

With that base, the objective of the investigation was to use two soil improver products, one that first will solubilize the aluminium and the second one that raises the pH levels in the soil.

An experimental design was used in split plots divided into random blocks, with eight treatments and three repetitions, where the big plot was the types soil improver products, and the small plot was the application of agricultural gypsum to solubilize the aluminium.

The best Treatment for solubilize th aluminium and increase the pH was treatment 1 (Dolomitic with gypsum), followed by Treatment 4 (calcium hydroxide) where the levels of pH raises, as well as the CIC levels, and the levels of aluminium decreases. The same happened with tratment 5 (agricultural lime with gypsum) but in lower levels. Fort he relative witness (only gypsum) there was a small disminution of aluminium levels, while the absolute witness (none application) there were no soil improvements at all.

Key words: *amendment; solubility; pH; acidity*

INTRODUCCIÓN

La cafeticultura en México representa una actividad primordial en el sector agrícola, no solo por el valor de su producción, sino por la importancia social al generar fuentes de empleo, así como las bondades que ofrecen al medio ambiente ya que más del 95% de los predios cafetaleros se establecen bajo sombra, misma que colabora para la retención de humedad, protección de los suelos y que alberga numerosas especies de flora y fauna en especial aves. El 80% de la producción nacional de café se concentra en los estados de Chiapas, Veracruz, Oaxaca y Puebla, siendo Chiapas el estado con mayor producción (SAGARPA 2015).

En Chiapas el café se siembra especialmente en las zonas montañosas con altitudes mayores a 900 msnm. En estas condiciones las precipitaciones pluviales son abundantes lo que ocasiona un lavado de elementos bases del suelo como Mg, Ca, Na y K, ocasionando con ello una acidificación natural del mismo. Así mismo la gran cantidad de materia orgánica que se descompone producto de la caída de las hojas de los árboles de sombra, generan también acidez del suelo. Es entonces la acidificación un fenómeno natural constante en los suelos del trópico.

Estas acidificaciones constantes generan otro tipo de problemas, tales como la toxicidad de algunos elementos como el Aluminio que una vez arraigado debe entonces solubilizarse para poder ser eliminado del medio.

De manera que esto presenta dos problemas, por un lado, la acidificación de los suelos que limita la absorción de los elementos químicos para la nutrición de las plantas, mermando las costosas aplicaciones de fertilizantes; y por otro la acumulación de algunos elementos tóxicos que habrían de eliminarse primero antes de pensar en corregir el pH del suelo.

Es trascendental en un manejo técnico agronómico, mantener el nivel del pH del suelo en niveles ideales para el cultivo, ya que, de no ser así, se desaprovecharía la aplicación de fertilizantes, al haber falta de disponibilidad de los mismos producto de un pH muy ácido, pero primero es imprescindible saber si existen problemas de toxicidad de aluminio para corregirlo primero, y luego entonces calcular las dosis necesarias de enmienda para elevar los niveles de pH.

Cabe señalar que el café es un cultivo agotador del suelo, extrae cantidades considerables de elementos en cada cosecha, por ello es necesario reabastecer los suelos con

fertilizantes para poder mantener la cantidad de elementos y con ello la estabilidad en las producciones, y para ello es imprescindible el manejo de la acidez de los suelos.

METODOLOGIA

Localización geográfica del área de estudio

La presente investigación se realizó en el ejido Berriozábal municipio de Motozintla Chiapas, según INEGI (1990) ubicado con las siguientes coordenadas 15° 15' 54.21" de latitud Norte y 92° 17' 50.40" de longitud Oeste en la región sierra de Chiapas. Con una altitud a 1542 metros sobre el nivel del mar. El municipio de Motozintla Chiapas colinda al norte con Siltepec, al sur con Huixtla y Tapachula, al este con Mazapa de madero y al oeste con Escuintla.

Clima

Motozintla presenta un tipo de clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano con una temperatura media anual de 21 °C una mínima de 18 °C y una máxima de 23 °C. Donde la precipitación total anual varía entre 1,000 y 3,000 mm (INEGI, 2015).

Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental en parcelas divididas en bloques al azar, con ocho tratamientos y cuatro repeticiones se estableció una parcela grande (PG) y una parcela chica (PCH) donde parcela grande se aplicaron las enmiendas (tipos de cales) y la parcela chica aplicación de yeso para solubilizar el Aluminio

Factores:

- A) Tipos de cal = PG
- B) Dosis de Yeso = PCH

Tratamientos

Los tratamientos fueron 3 diferentes enmiendas y yeso para la solubilización de aluminio para la parcela chica con la misma dosis

Tratamientos evaluados en el manejo agronómico de la acidez y aluminio en suelos de plantaciones de café *Coffea arabica* En Berriozábal Motozintla.

Tratamiento	Dosis gr/planta
T1 Cal dolomita con yeso	200 gr
T2 Cal dolomita sin yeso	200 gr
T3 Hidróxido de calcio sin yeso	200 gr
T4 Hidróxido de calcio con yeso	200 gr
T5 Cal agrícola con yeso	200 gr
T6 Testigo absoluto (sin enmienda)	0 gr
T7 Testigo relativo (con yeso)	200 gr
T8 Cal agrícola sin yeso	200 gr

Análisis de Datos

El diseño experimental fue en parcelas divididas en bloques al azar, los datos obtenidos se analizaron en el paquete estadístico SAS. Para las variables que resultaron en diferencias (significativas o a los tratamiento significativos). El análisis de varianza corre una prueba de comprobación múltiple mediante Tukey ($\alpha = 0.05$).

Toma de datos

Se tomaron los datos una vez establecidos los tratamientos, después de 45 días después de haber aplicado las enmiendas, la recopilación de datos pasó en el formato Excel para luego llevarlas a un análisis de datos y conocer los resultados.

BLOQUE III

BLOQUE II

BLOQUE I

10 mts

10 mts



Figura 4. Distribución en los tratamientos evaluados en el Manejo agronómico de la acidez y aluminio en suelos de plantaciones de café *Coffea arabica* En Berriozábal Motozintla.

Variables medidas

Aluminio

Una vez aplicado el yeso para la solubilización del aluminio 45 días después de la aplicación se tomó una muestra representativa de suelo de cada uno de los tratamientos para después llevarlas a laboratorio para determinar los niveles de aluminio de cada tratamiento.

pH

Para esta variable una vez aplicado las diferentes enmiendas se procedió a tomar una muestra representativa de suelo de cada una de los tratamientos 45 días después de la aplicación de cada una de las enmiendas, para llevarlas a laboratorio para determinar los niveles de pH de cada una de las muestras.

Capacidad de Intercambio Catiónico

A los 45 días después de la aplicación de las diferentes enmiendas se tomó una muestra representativa de suelo de cada tratamiento para llevarlo a laboratorio y determinar la capacidad de intercambio catiónico de cada muestra.

Descripción de la metodología

Se pretendió rehabilitar un suelo cafetalero aplicando enmiendas para lograr el rango óptimo de pH esto para lograr una fertilización correcta y exitosa sabemos que los suelos ácidos tienden a tener una saturación de bases entonces la propuesta fue solubilizar el Aluminio con dosis de yeso para luego aplicar enmiendas a base de cales para esta ocasión aplicamos tres enmiendas, cal calcítica, hidróxido de calcio y cal dolomita esto para regular el pH a su rango óptimo.

De entrada se establecieron las dos parcelas donde se realizaría el experimento para después sacar muestras de suelos y llevarlas a laboratorio para determinar las propiedades (Aluminio, pH y CIC) de cada una de las unidades experimentales con el fin de ver en qué condiciones se encontraba las parcelas

Una vez de a ver obtenido los resultados de acuerdo a lo visto en el análisis se tomó la decisión de aplicar las diferentes enmiendas

El día 28 de junio de 2018 se hizo la primera aplicación que fue la aplicación de yeso para solubilizar el aluminio esto fue en la parcela chica.

Se esperó 45 días para luego aplicar las diferentes enmiendas (tipos de cales), en la parcela grande después de la aplicación de las enmiendas se procedió a sacar muestras

en todas las unidades experimentales 45 días después y nuevamente se realizó las determinaciones de las propiedades antes mencionadas para después ver los resultados y analizarlas.

Se trabajó con tres bloques al azar con ocho tratamientos con una parcela grande y una chica, en la parcela grande las diferentes enmiendas y en parcela chica las aplicaciones de yeso con la finalidad de ver que tratamiento puede ser más efectivo o el más sobresaliente.

RESULTADOS Y DISCUSION

Aluminio

Se realizó un análisis de suelos preliminar para determinar los niveles tanto de aluminio como de pH y la capacidad de intercambio catiónico. Esto con la finalidad de ver la uniformidad de las propiedades químicas del suelo (Aluminio, pH, C.I.C.) que son las variables medidas.

En el caso del aluminio los niveles reportados en el primer análisis (previo a la aplicación) se observan en el (Cuadro 1A), en donde se observan los niveles que había en cada parcela previo al inicio de la aplicación de los tratamientos.

Como se puede observar y como era de esperarse los niveles de aluminio son altos pero homogéneos; los datos fluctuaron entre un rango de 1.350 a 1.400 $\text{cmol}(\text{kg})^{-1}$ de suelo, esto es favorable por dos razones, la primera porque implica una homogeneidad de condiciones ya que los niveles de aluminio no mostraron mucha diferencia y la segunda porque los contenidos son altos (mayor que 0.25%). Esto justificó la aplicación del yeso para su solubilización como lo menciona (Malavolta, 1992).

Por lo anterior, los tratamientos se aplicaron en igualdad de condiciones del suelo y en niveles de aluminio altos, los que fue necesario disminuirlos en el sistema del suelo.

En el Cuadro 4A análisis de varianza mostro diferencia significativa estadísticamente entre los tratamientos; siendo la cal dolomita con yeso igual que el hidróxido de calcio con yeso y a la cal agrícola con yeso, pero diferente a los otros tratamientos. La cal dolomita con yeso resultó el más sobresaliente al bajar los niveles de aluminio a 0.567 $\text{cmol}(\text{kg})^{-1}$ en el caso del hidróxido de calcio con yeso lo bajo a 0.617 $\text{cmol}(\text{kg})^{-1}$ y la cal agrícola con yeso a 0.65 $\text{cmol}(\text{kg})^{-1}$ el que mayor porcentaje de aluminio presentó fue el testigo absoluto sin yeso con 1.333 $\text{cmol}(\text{kg})^{-1}$.

El tratamiento 1 (cal dolomítica con yeso) resulto el más prometedor ya que disminuyo los niveles de aluminio a $0.567 \text{ cmol(kg)}^{-1}$ esto fue muy diferente si lo comparamos con el tratamiento 6 (testigo absoluto). Otros tratamientos interesantes son; tratamiento 4 (Hidróxido de calcio) y el tratamiento 5 (Cal agrícola con yeso) que obtuvieron resultados de $0.617 \text{ cmol(kg)}^{-1}$ y $0.650 \text{ cmol(kg)}^{-1}$ respectivamente., y que inclusive no fueron estadísticamente diferentes del tratamiento 1 (cal dolomítica con yeso). (Figura 5) Estos últimos dos tratamientos son más accesibles de encontrar en el mercado mexicano ya que la cal dolomítica es un material de importación, y aunque resulto el mejor tratamiento no siempre se puede obtener este material por su escasez.

Fue necesario primero aplicar el yeso dado que este material solubiliza el aluminio, y una vez solubilizado ya pueden participar los materiales calcáreos para elevar el pH del suelo. Después de la aplicación de los diferentes tratamientos se obtuvo una diferencia significativa en ellos siendo los tratamientos T1 (Cal dolomita con yeso), T4 (Hidróxido de calcio con yeso) y T5 (Cal agrícola con yeso) los más sobresalientes ya que bajaron sus % de aluminio a niveles casi óptimos. En cambio los tratamientos sin yeso como lo fue T8 (Cal agrícola sin yeso), T2 (Cal dolomita sin yeso), Y T7 (testigo con yeso), aunque si bajaron su contenido de aluminio esa disminución fue muy leve. Esto indica la importancia que tiene el yeso para solubilizar el aluminio eliminándolo del sistema. (Figura 5)

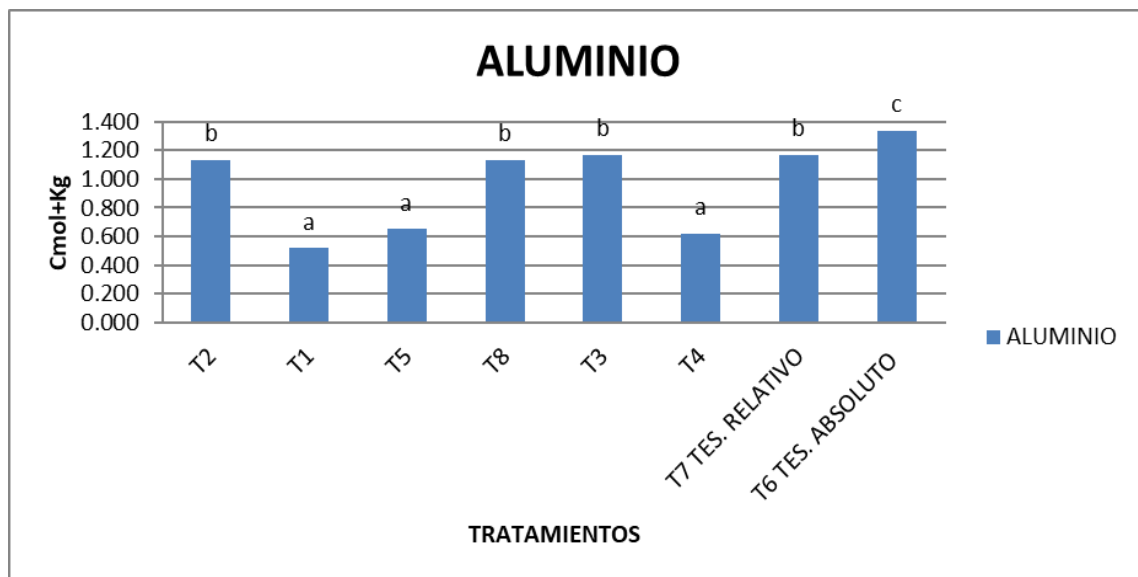
En el cuadro3 Figura 5 se observan los porcentajes de aluminio a 60 días después de la aplicación de cada producto, el porcentaje de aluminio más alto se observó en el tratamiento 6 (testigo absoluto) debido a que no se aplicó ninguna enmienda solubilizadora.

Cuadro 3. Comparación de medias del segundo muestreo de aluminio en suelos de plantas de café. Manejo agronómico de la acidez y aluminio en suelos de plantaciones de café *Coffea arabica* En Berriozábal Motozintla.

Tratamientos	Dosis	Aluminio cmol(kg)^{-1}	Comparación
Tukey $\alpha = 0.05$			
T1 Cal dolomita-con yeso	200 gr/planta	0.567	a
T4 Hidroxido de calcio-con yeso	200 gr/planta	0.617	a
T5 Cal agrícola-con yeso	200 gr/planta	0.650	a
T8 Cal agrícola-sin yeso	200 gr/planta	1.133	b

T2 Cal dolomita-sin yeso	200 gr/planta	1.133	b
T3 Hidróxido de calcio-sin yeso	200 gr/planta	1.167	b
T7 Testigo-con yeso	200 gr/planta	1.167	b
T6 Testigo-sin yeso	0 gr/planta	1.333	c

Figura 5. Niveles de aluminio a los 45 días después de la aplicación de diferentes enmiendas en suelos de plantaciones de café *Coffea arabica* en Berriozábal Motozintla.



pH

Para la variable pH se obtuvieron los siguientes resultados y discusiones:

Los niveles de pH establecidos en el análisis previo a las aplicaciones resultaron muy homogéneos en todas las parcelas donde se iban aplicar los tratamientos (Cuadro 5A). La homogeneidad era la esperada ya que toda la unidad experimental había sido sometida durante años a un mismo manejo técnico. Y los niveles altos de acidez eran de predecibles ya que es una zona donde las precipitaciones son abundantes (2500 mm) y también la cantidad de materia orgánica en descomposición lo cual favorece la acidificación de los suelos como lo menciona (Molina, 1998).

Después de aplicar los diferentes tratamientos en las parcelas y esperando por 45 días la respuesta al cambio de pH; se observó que hubo diferencias altamente significativas entre ellos. Se observa que el tratamiento 6 (T absoluto) es el único tratamiento estadísticamente diferente., no habiendo diferencias significativas entre los demás tratamientos (Cuadro 8A)

Sin embargo aunque la estadística no lo detecte se aprecia que los mejores tratamientos fueron los dos tipos de cales dolomíticas en donde los niveles de pH alcanzan niveles de 4.9 muy diferentes del 4.35 que arroja el testigo relativo pero que la estadística no lo diferencia (Cuadro 4)

Este resultado difiere de lo esperado por las recomendaciones de Molina quien sugiere que el hidróxido de calcio tiene una mayor capacidad de neutralización.

Esto puede ser a causa de muchos factores ya sea las condiciones de suelo en las que se encontraba tales como tipo de suelo, las relaciones Ca/Mg, K/Mg, Mg/K, Ca/K, o bien las precipitaciones antes mencionadas que se dan en esta zona. Estos factores pudieron influir en los resultados que se presentaron.

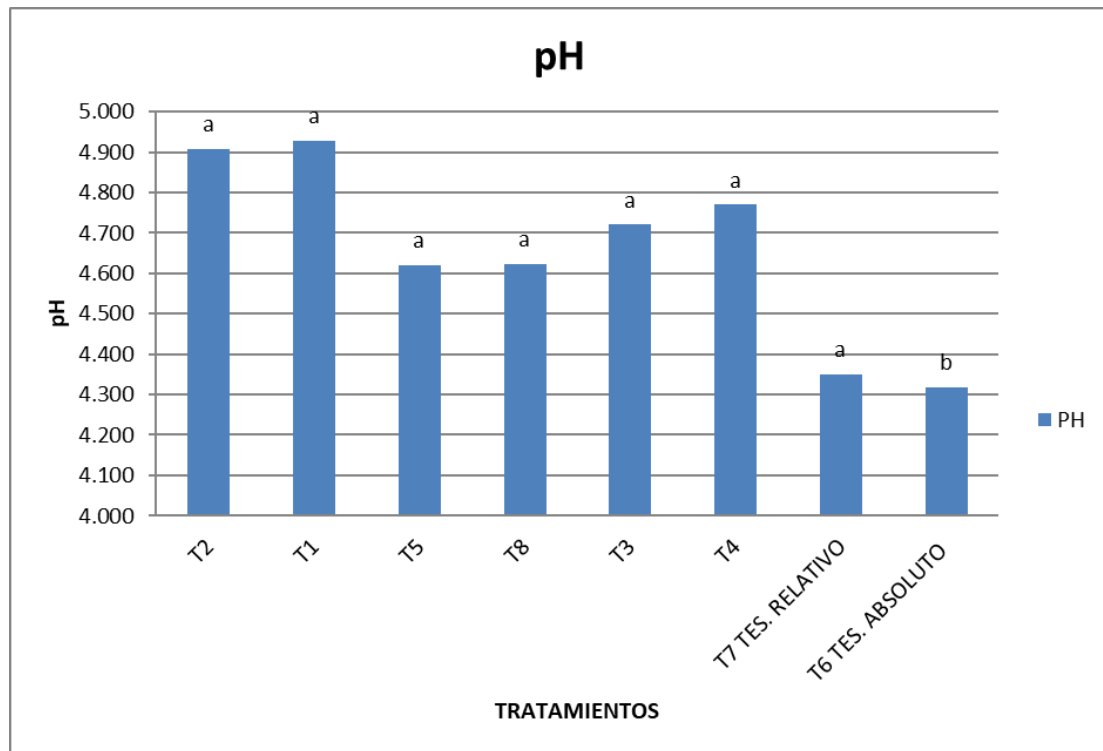
Otra situación también a hacer notar es que la mayoría de los tratamientos subieron los niveles de pH del nivel inicial que tenía el suelo. Al final entre ellos no hubo diferencia (salvo el T6) pero si cumplieron su función en incrementar el pH del suelo de manera que si se trata de elevar el pH se podría recomendar las diferentes cales que se utilizó en este proyecto como lo son “Cal agrícola, Hidróxido de calcio y Cal dolomita” que para esta ocasión los resultados fueron sobresalientes (Cuadro 4).

También se notó que el tratamiento 6 testigo absoluto (sin la aplicación de yeso sin ningún tipo de cal) ocupó el último lugar manteniendo su pH en niveles de 4.35. (Figura 6).

Cuadro 4. Comparación de medias del segundo muestreo de pH en suelos de plantas de café. Manejo agronómico de la acidez y aluminio en suelos de plantaciones de café Coffea arabica En Berriozábal Motozintla.

Tratamientos	Dosis	pH	Comparación
Tukey $\alpha = 0.05$			
T1 Cal dolomita-con yeso	200 gr/planta	4.927	a
T2 Cal dolomita-sin yeso	200 gr/planta	4.907	a
T4 Hidróxido de calcio-con yeso	200 gr/planta	4.770	a
T3 Hidróxido de calcio-sin yeso	200 gr/planta	4.720	a
T8 Cal agrícola-sin yeso	200 gr/planta	4.623	a
T5 Cal agrícola-con yeso	200 gr/planta	4.620	a
T7 Testigo-con yeso	200 gr/planta	4.350	a
T6 Testigo-sin yeso	200 gr/planta	4.317	c

Figura 6. Niveles de pH a los 45 días después de la aplicación de diferentes enmiendas en suelos de plantaciones de café *Coffea arabica* en Berriozábal Motozintla.



5.3 C.I.C

Para la variable CIC se obtuvieron los siguientes resultados y discusiones:

Los resultados obtenidos para la capacidad de intercambio catiónico en el primer muestreo (antes de aplicación) como se puede observar en el (Cuadro 9A) los niveles de CIC son muy bajos esto debido a tener un pH muy ácido. La acidez y el CIC presentan normalmente una correlación positiva como lo sugiere Espinosa 1995, y así sucedió en este caso.

Los niveles de CIC en el primer muestreo previo a la aplicación mostraron una homogeneidad entre los rangos de 3.687 Cmol+Kg-1 y 3.787 Cmol+Kg-1 en todas las unidades experimentales (Cuadro 5) mostrando niveles por debajo de 15 Cmol+Kg-1 como lo recomienda (Bertsch, 1986).

Después de la aplicación de yeso y diferentes tipos de cales se tomaron muestras de todos los tratamientos para ver las posibles diferencias significativas entre las enmiendas. Los tratamientos más sobresalientes fueron el tratamiento 1 (Cal Dolomítica con yeso), seguido por el tratamiento 2 (Cal dolomita sin yeso), para los tratamientos 4 (Hidróxido de calcio con yeso) y T5 (Cal agrícola con yeso), estadísticamente resultaron iguales pero

diferente de los tratamientos: T1 (Cal dolomita con yeso), y T2 (Cal dolomita sin yeso), para los tratamientos; T3 (Hidróxido de calcio sin yeso), T8 (Cal agrícola sin yeso), y T7 (Testigo con yeso), resultaron diferentes, mientras que el T6 fue el más bajo de todos siendo el tratamiento que no se le aplicó ninguna enmienda (figura 7).

La Capacidad de Intercambio Catiónico es una propiedad química del suelo que cambia dinámicamente y directamente con los cambios de pH. En el experimento se notó claramente que esta medida en la mayoría de los casos casi se duplicó. Lo cual muestra la importancia de mantener un manejo sistemático de la química de los suelos en especial del pH como lo sugiere Malavolta

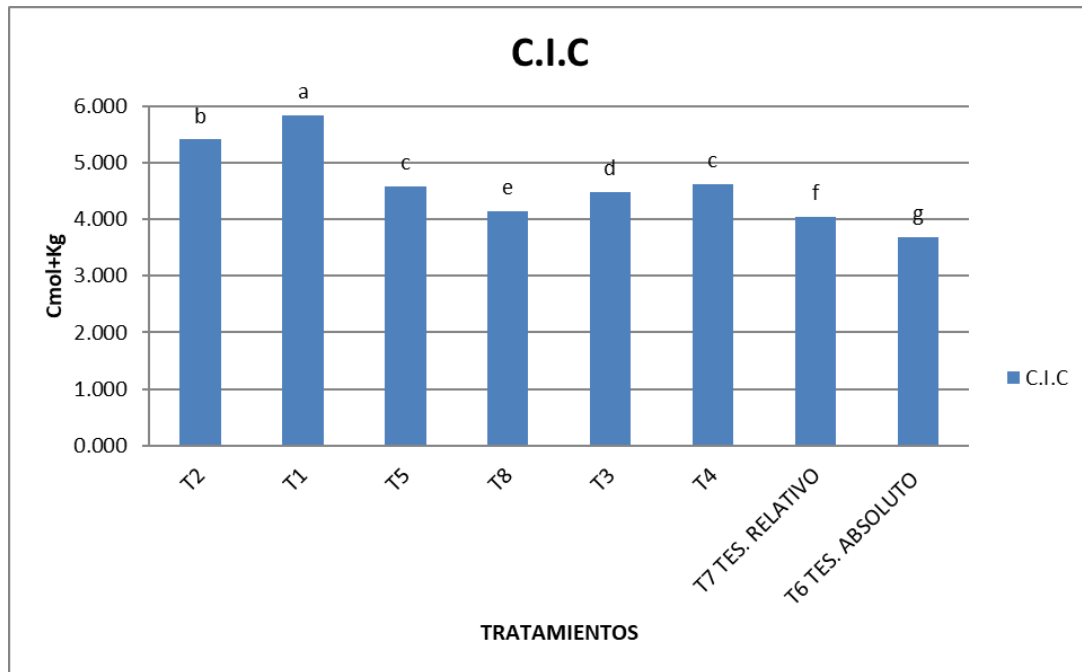
En la figura 7 se puede apreciar que para el tratamiento 1 (cal dolomítica con yeso) resultó el más sobresaliente alcanzando un nivel de capacidad de intercambio catiónico de 5.8 cmol(kg)⁻¹ vs su nivel original que era de 3.6 cmol(kg)⁻¹ (al inicio del estudio); y para hacer contraste tenemos que el testigo absoluto mantuvo en la segunda medición los mismos niveles de C.I.C obteniendo los niveles más bajos con 3.6 cmol(kg)⁻¹.

Este dato reviste una especial importancia en especial en este tipo de suelos con alto contenido de arcilla ya que tienen una alta fertilidad química pero que muchas veces los elementos se encuentran adsorbidos por los coloides del suelo, pero que bien puede ser liberados utilizando enmiendas como las que se utilizaron mejorando dramáticamente su capacidad de intercambio catiónico.

Cuadro 5. Comparación de medias del segundo muestreo de Capacidad de Intercambio Catiónico en suelos de plantas de café. Manejo agronómico de la acidez y aluminio en suelos de plantaciones de café Coffea arabica En Berriozábal Motozintla.

Tratamientos	Dosis	C.I.C cmol(kg) ⁻¹	Comparación
Tukey $\alpha = 0.05$			
T1 Cal dolomita-con yeso	200 gr/planta	5.843	a
T2 Cal dolomita-sin yeso	200 gr/planta	5.410	b
T4 Hidróxido de calcio-con yeso	200 gr/planta	4.620	c
T5 Cal agrícola-con yeso	200 gr/planta	4.590	c
T3 Hidróxido de calcio-sin yeso	200 gr/planta	4.480	d
T8 Cal agrícola-sin yeso	200 gr/planta	4.147	e
T7 Testigo-con yeso	200 gr/planta	4.040	f
T6 Testigo-sin yeso	200 gr/planta	3.687	g

Figura 7. Niveles de Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.) a los 45 días después de la aplicación de diferentes enmiendas en suelos de plantaciones de café *Coffea arabica* en Berriozábal Motozintla.



CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo que tuvo como objetivo rehabilitar las propiedades químicas de un suelo cafetalero, se concluye lo siguiente.

- 1) Las propiedades químicas del suelo tales como el Aluminio, C.I.C y pH, cambiaron en un periodo mínimo de tiempo, esto permite establecer que la hipótesis planteada no se rechaza.
- 2) Existen varios productos alternativos que pueden utilizarse, para la rehabilitación de las propiedades químicas de los suelos cafetaleros.
- 3) Existe una correlación positiva entre el Aluminio, pH y Capacidad de Intercambio Catiónico. Es sumamente importante manejar cada una de estas propiedades a niveles adecuados.
- 4) El manejo sistemático de las propiedades químicas del suelo en un cafetal, debe ser una constante en el manejo técnico de un sistema productivo.

LISTA DE REFERENCIAS

- Arévalo, G. E., Gauggel, C. A. 2008. Manual de prácticas. Curso de manejo de suelos y nutrición vegetal. Zamorano, Honduras. 3ra. Edición. Pág. 60
- Asociación Bancaria de Guatemala. Recuperado el 08 de Diciembre de 2014, de <http://www.abg.org.gt/pdfs/diciembre2012/SECTOR%201%20CAFE%20DICIEMBRE%202012.pdf>
- Asociación Mexicana de la Cadena Productiva del Café, A.C. (AMECAFÉ). 2012. Plan Integral de Promoción del Café de México 2012.
- Arcos, A., & Narro, L. (2009). Calosa como herramienta de selección para tolerancia del maíz al aluminio. Manual de laboratorio, CIMMYT. México, D.F.: CIMMYT.
- Barrera, J., Parra, M., Herrera, O, Jarquín, R., & Pohlan, J. (2004). Plan Estatal de Manejo Agroecológico del Café en Chiapas: Guía hacia una cafecultura sustentable. México, Chiapas: Comisión para el Desarrollo y Fomento del Café de Chiapas y el Colegio de la Frontera Sur.
- BERTSCH, F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. San José, Costa Rica. ACCS. 157 p.
- BERTSCH, F. 1986. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. San José, Universidad de Costa Rica. 86 p.
- Boul, S. W. Hole, F.D.Mc Cracken, R. J. 1991. Genesis y Clsificacion del suelo 1era Reimpresion Edit. Trillas Mexico. P 24-26.
- Boul, S.W., Southard R. J., Graham R. C., Mc Daniel P. A. 2003. Soil Genesis and classification. Fifth Edron. Iowa State. Pág. 64
- Carmona, A. 1999. El café rey de los sentidos. Servicio de publicaciones. Universidad de America, España. Pp. 9-19, 27, 38, 49-51.
- Casierra, F., Cárdenas, J., & Roa, H. (2008). Efecto del aluminio sobre la germinación de semillas de trigo (*Triticum aestivum* L.) y de maíz (*Zea mays* L.). Orinoquía, 12(1), 45-56.
- Castillo F., R.1996. Situación actual y acciones para el combate de la broca del café en México. En: J. F. Barrera, A. Guerra, J.J. Menn y P. S. Baker (eds.), II Reunión intercontinental sobre broca del café. Tapachula, Chiapas, México, pp 23.
- Cenicafe. CHINCHINA. COLOMBIA. Informe anual de actividades diciplina de fitotecnica 2005-2006. Chinchina, cenicafe, 2006. 3 p.

- Centro de investigación en Matemáticas. (CIMAT). 2001. Investigación, desarrollo y difusión de las matemáticas y sus aplicaciones. Concede en Guanajuato.
- Cepeda Dovala J. M. 2007. Química de suelos. Editorial Trillas, México. Pág. 15 y 106
- Cordova, S.S 2005. Café y sociedad en Huatusco Veracruz. Formación de la cultura cafetalera (1870). Primera edición. Editorial regiones de Mexico D.F. p.23.
- CHAVES, M. 1991. Características y uso potencial del yeso en la agricultura costarricense. Revista Colegio de Ingenieros Agrónomos. (Costa Rica) Nº 7:18-20.
- ESPINOSA, J. 1995. Acidez y encalado de los suelos. Informaciones Agronómicas (INPOFOS) 20:6-14.
- Innatia. s/f. Las condiciones ambientales en la producción de café. Consultado en: <http://www.innatia.com/s/c-produccion-cafe/a-ambiente-para-producir-cafe.html>
- International Coffee Organization. s/f. Aspectos botánicos. Consultado en: http://www.ico.org/es/botanical_c.asp
- INPOFOS- Instituto de la Potasa y el Fosforo Gaspar de Villarroel 154 y Eloy Alfaro Casilla Postal 17-17-980 quito – Ecuador.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Consultado 20-05-2015 en <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geodesia/default.aspx>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (1990), XI Censo General de Población y Vivienda 1990, Resultados definitivos, tabulados básicos, México, INEGI
- INMECAFE 1979. Tecnología cafetalera mexicana. Treinta años de experimentación e investigación. Taller Editorial S.A. México.
- FAO. 2015. Portal de suelos de la FAO. Propiedades físicas del suelo consultado en: <http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-desuelos/propiedades-del-suelo/es/>.
- Foth, H.D. 1985. Fundamentos de la ciencia del suelo. México. Tercera edición. Talleres de la compañía editorial continental, S. A. de C. V. Pág. 207, 208, 211
- Garzón, T. (2003). Estudio de la compartimentación celular en plantas modelo sometidas a estrés por aluminio. Tesis presentada para optar el título de Doctora en Ciencias. Universidad de Barcelona. España.

- Goicochea M.J.F., 1971. El café situación general en México. Tesis profesional. Escuela Nacional de Agricultura Chapingo. Chapingo México. Pag. 232.
- Gobierno del Estado de Colima s/f. Paquete Tecnológico del Cultivo De Café Orgánico, en el estado de Colima. Disponible en: <http://www.campocolima.gob.mx/PaginaOEIDRUS/PaquetesTecnologicos/PAQUETECAF.pdf>
- Malavolta, E. 1992. O gesso agrícola no ambiente e na nutrição da planta – perguntas e respostas, Memórias do II del segundo seminário sobre o Uso do Gesso na agricultura, Instituto Brasileiro do fosfato. P 41-66.
- MARSCHNER, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2th. ed. London. Great Britain. 889 p.
- Manual del cafetalero colombiano 1969. Editorial BEDOUT, Colombia. Pág.397.
- MOLINA, E. 1992. El magnesio en la nutrición del café. Revista Agroindustria 22:12-13.
- Molina, E. 1998. Encalado para la corrección de la acidez del suelo, ACCS, San José, Costa Rica. 45 p.
- Mora C.S., Valverde G. R. 2005. Geología, Procesos de la dinámica interna y externa. Costa Rica. 2da edición. Editorial tecnológica de Costa Rica. Pág. 73, 78, 81, 83
- Nestlé –Nathan internacional. Ediciones Universitarias Hispanoamericano S.A. España. Pag. 42.
- Porta Casanellas, J., Lopez –Acevedo M., Roquero De Laburru C., 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente, Tercera edición; Impreso en España, Ediciones mundi-prensa, pp.929.
- SAGARPA, Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario 2015
- Tang, Y., Garvin, D., Sorrells, M., & Carver, B. (2002). Physiological genetics of aluminum tolerance in the wheat cultivar Atlas 66. Crop Science, 42(5), 1541-1555.
- Osorio L.J.A., 1954. El árbol turbulento. Imprenta de la república Bogotá, Colombia. Pag.20-39.
- USDA. 1977. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Ed. Limusa. México.
- Villaseñor L. A., 1987. Caficultura moderna en México. Editorial Agrocomunicación Saenz Colín y Asociados México. Pág. 469