

Pruebas de reactividad para la evaluación y selección de enmiendas en la corrección química del suelo para las plantaciones Agroindustrias Villa Claudia y Palmeras de Yarima

Reactivity Tests for the Evaluation and Selection of Amendments in the Chemical Correction of the Soil for Villa Claudia Agribusiness and Palmeras de Yarima Plantations

CITACIÓN: Ibagué-Rodríguez D. F., Díaz-Durán, M. A. & Penagos-Ulloa B. Y. (2019). Pruebas de reactividad (PRE) para la evaluación y selección de enmiendas en la corrección química del suelo para las plantaciones Agroindustrias Villa Claudia y Palmeras de Yarima. *Palmas*, 40(4), 140-148.

PALABRAS CLAVE: pH del suelo, acidez del suelo, aluminio, ppm (partes por millón)

KEYWORD: Soil pH, soil acidity, aluminum, ppm (parts per million, for its acronym in Spanish)

DIDIER FERNANDO IBAGUÉ RODRÍGUEZ
Director Agronómico, Agroindustrias
Villa Claudia

MIGUEL ÁNGEL DÍAZ DURÁN
Director Agronómico Palmeras de
Yarima

BLANCA YASMÍN PENAGOS ULLOA
Extensionista, Zona Central, Cenipalma

Resumen

Con el objetivo de enriquecer los procesos de selección de enmiendas para el mejoramiento de las propiedades químicas de los suelos en las plantaciones Palmeras de Yarima y Agroindustrias Villa Claudia ubicadas en el departamento de Santander, municipio San Vicente de Chucurí, se desarrolló un estudio de diferentes fuentes de enmiendas con pruebas de reactividad, evaluadas en una variedad de suelos, según las Unidades de Manejo Agronómico (UMA). Para la plantación Agroindustrias Villa Claudia durante la identificación y caracterización de las UMA, se priorizaron alrededor de 640 ha donde sus suelos presentaban saturaciones de aluminio superior al 60 %, para realizar aplicaciones de fuentes encalantes que actuaran sobre las propiedades químicas del mismo. En el proceso de selección de las fuentes de enmiendas se realizaron las Pruebas de Reactividad de Enmiendas (PRE) de once enmiendas comerciales, en diferentes suelos característicos de la plantación. Los resultados de las PRE permitieron identificar que las enmiendas ofrecían un contenido de nutrientes en diferentes niveles de los elementos como P, Ca, Mg o Si. Lo anterior nos permitió concluir que la implementación de estas pruebas garantizaban la eficiencia del uso de los recursos económicos y técnicos, invertidos en el mejoramiento químico de los suelos.

Introducción

En Colombia los suelos son predominantemente ácidos con pH menores de 5,5 (Malagón, 2003). Según Osorno (2012), este tipo de suelos representa el 80 % del área del país que requiere un adecuado manejo de sus propiedades químicas. Por las condiciones de mercado y de competitividad económica, el manejo técnico de la fertilización y corrección de los desequilibrios químicos en los diferentes suelos ácidos, toman mayor relevancia, aún más, cuando estamos ubicados en una zona tropical, con altas precipitaciones que facilitan la lixiviación de las bases e incremento de la acidez del suelo (Osorno, 2012).

La producción de palma de aceite representada en 540.000 hectáreas sembradas (Sispa, 2019) no es ajena a la necesidad de manejar condiciones de acidez del suelo, siendo una de las acciones de manejo más importantes para hacer uso eficiente de la nutrición vegetal (Munévar, Romero & Cuellar, 2005).

Una de las prácticas de manejo de suelos ácidos más empleada, se concentra en la aplicación de fuentes de fertilizantes de lenta liberación o enmiendas, siendo materias que requieren de cierto tiempo para reaccionar en el suelo y liberar sus nutrientes para modificar la acidez y otras condiciones químicas del mismo (Munévar, Romero & Cuellar, 2005).

Debido a que la efectividad de las enmiendas depende de múltiples factores, la posibilidad de verificar la reacción de las enmiendas evaluadas en los suelos de interés de la plantación asegura la elección de las fuentes que tienen una reacción positiva en los suelos analizados (Munévar, Romero & Cuellar, 2005). En el mercado de agroinsumos del país existen diversos tipos de cales, con características diferentes, teniendo un gran número de fuentes disponibles para elegir la que genere cambios en las propiedades químicas del suelo.

Para esta elección se tenían criterios como: costos de inversión y composición química que se registraba en las etiquetas o fichas técnicas de cada fuente, pero ninguno permitía asegurar la reactividad de las fuentes en los suelos de interés.

En el estudio desarrollado por (Munévar, Romero & Cuellar, 2005), se explicaba que existían pruebas de laboratorio que permitían dar una base técnica con-

fiable para la toma de decisiones en la elección de las fuentes. Estos ensayos fueron estandarizados y evaluados por Cenipalma en el Laboratorio de Análisis Foliar y de Suelos.

Marco teórico

El desarrollo de la palmicultura colombiana exige retos de sostenibilidad y aumento de la eficiencia en el uso de los recursos invertidos en el cultivo. En este punto, el manejo químico de los suelos en los que se desarrolla es una de las acciones más determinantes para alcanzar estos nuevos desafíos (Munévar, Romero & Cuellar, 2005).

Las propiedades químicas del suelo determinan en gran porcentaje la fertilidad del mismo y sus necesidades de corrección, su acidez es una condición química que limita el crecimiento de las plantas, gracias a que confluyen varios factores como la baja disponibilidad de nutrientes esenciales como calcio, magnesio y algunos micronutrientes, y además favorece la toxicidad con manganeso y/o aluminio, siendo este el elemento, en su forma Al^{3+} el que más limita la producción agrícola (Rivera, Moreno, Herrera & Romero, 2016).

Para el caso de palma de aceite el efecto del aluminio intercambiable fue estudiado por Cristancho, Munévar, Acosta, Santacruz y Torres (2007), quienes encontraron que a mayor concentración de aluminio, disminuía la longitud de las raíces de la palma de aceite. Esta misma tendencia también fue encontrada en otro ensayo donde habían concentraciones superiores al 30 % de aluminio ejerciendo un efecto negativo sobre el desarrollo radical.

La acidez en el suelo se determina midiendo la actividad de los iones de H^+ en la solución del mismo, y se expresa en un parámetro denominado potencial hidrógeno (pH). Este se puede medir de dos formas: el primero, con el papel indicador, aportando un diagnóstico aproximado al pH del suelo, un método efectivo para su lectura en campo, siendo importante evitar introducir factores que generen errores en la lectura; y el segundo, que aporta mayor precisión, el cual usa el potenciómetro, con equipos de laboratorio o portátiles que pueden llevarse a campo. (Espinoza & Molina, 1999).

Existen cuatro tipos de acidez: la activa que hace referencia a las concentraciones de hidrógeno (H^+) disociado en la solución del suelo y proveniente de diferentes fuentes; la intercambiable que refiere al hidrógeno y al aluminio intercambiables (H^+ Al^{3+}) retenidos en los coloides del suelo por fuerzas electrostáticas; la no intercambiable que hace referencia al hidrógeno en enlace covalente en la superficie de los minerales arcillosos; y la potencial que hace referencia a la suma de la acidez intercambiable más la no intercambiable (Espinoza & Molina, 1999).

Las prácticas de corrección de pH bajos se concentran en las aplicaciones de enmiendas químicas como cales, rocas fosfóricas sin transformar o parcialmente transformadas, y minerales portadores de elementos esenciales sin transformar químicamente (Espinoza & Molina, 1999).

La acción fundamental de estas enmiendas es mejorar las condiciones químicas del suelo, particularmente su acidez, modificando las concentraciones de algunos elementos, según la composición química de cada fuente. Es decir que una enmienda se refiere a todo material capaz de prevenir o corregir la acidez del suelo (Osorno, 2012).

Aunque se conoce como cal principalmente al carbonato de calcio proveniente de rocas calizas o mármol y dolomitas, también se utilizan una gran variedad de rocas básicas, por eso es mejor hablar de enmiendas o correctivos para el suelo (Osorno, 2012).

Según Espinoza y Molina (1999), las enmiendas son productos comerciales, tipificados como fuentes minerales de origen natural o industrial que portan en su composición carbonatos, óxidos, hidróxidos, sulfatos y silicatos de calcio y/o magnesio. Debido a su variada naturaleza química, estos materiales difieren en su capacidad para neutralizar la acidez del suelo (Molina, 1998; Castro & Gómez, 2010).

La acción de aplicar la enmienda al suelo, según la elección de la fuente, dosis, momento de aplicación y método de incorporación, hace parte de la práctica de encalamiento que tiene como finalidad modificar el mayor volumen de suelo, en el cual las plantas puedan tener condiciones químicas óptimas para su desarrollo productivo (Espinoza & Molina, 1999).

La calidad de las enmiendas o materiales de encalado es determinante para alcanzar altas eficiencias

en el manejo químico de los suelos, y esta calidad se mide en los factores de pureza del material, forma química, tamaño de las partículas y poder relativo de neutralización total.

Existe una serie de situaciones que restan eficiencia a los procesos de encalamiento como, por ejemplo, aplicarla al suelo con un criterio generalmente empírico y universal, sin argumentos técnicos para diagnosticar la acidez ni las dosis de aplicación, las cuales se tomaron, sin importar las condiciones del suelo o el tipo de enmienda a utilizar. En la mayoría de los casos solo se tiene en cuenta el pH y se dejan de lado indicadores tan importantes como acidez intercambiable, saturación de aluminio, sumatoria de bases, CICE y fijación de fósforo. Esto ha limitado desde el frente técnico el verdadero sentido, significado y alcances de las prácticas de encalamiento (Osorno, 2012).

Este autor reporta además de las inconsistencias técnicas, un desconocimiento de los conceptos de origen, calidad, pureza, composición y reactividad de las enmiendas comerciales, aspectos determinantes para la selección y determinación de dosis.

Al buscar posibles soluciones a las condiciones limitantes para la toma de decisiones acertadas en la selección y dosis a aplicar de las enmiendas, existen unas pruebas de laboratorio que permiten simular el proceso de reactividad de las enmiendas preseleccionadas, incubadas por un periodo de 30 días, en condiciones controladas de humedad de suelo y temperatura. Estos ensayos de laboratorio se denominaron Pruebas de Reactividad de Enmiendas (PRE). El proceso se describe en la Figura 1.

Metodología

Para el desarrollo de este trabajo se tomó como línea base la conformación de Unidades de Manejo Agronómico (UMA) identificadas como zonas de la plantación que comparten características similares de suelos, clima, material, edad del cultivo y topografía (Munévar, Romero & Cuellar, 2005). Para el caso de Yarima, se presentan zonas con pendientes mayores al 7 % de inclinación, a las cuales se les realiza un manejo agronómico diferenciado, para la obtención de aumento de productividades.

Partiendo de la conformación de las UMA, se realizó en campo un muestreo de suelos por UMA, tomando un promedio de 20 submuestras a una profundidad promedio de 30 cm del suelo. Una vez colectadas, se enviaron al laboratorio para su respectivo estudio, donde se solicitaron parámetros como pH, capacidad de intercambio catiónico, materia orgánica, contenido de aluminio, calcio, magnesio, potasio, sodio, fósforo, azufre y elementos menores.

Con los resultados de laboratorio se realizó la interpretación del análisis de suelos, dando prioridad a los que tenían altas saturaciones de aluminio, bajas saturaciones bases como calcio, magnesio y bajos contenidos de fósforo (Figura 2). Una vez obtenida la priorización de los elementos a nivelar o corregir en el suelo, se buscaron las diferentes fuentes de enmiendas que podían aportar los anteriores nutrientes y además que tuvieran un alto poder de neutralizar el

Figura 1. Diagrama de proceso Pruebas de Reactividad de Enmiendas (PRE)

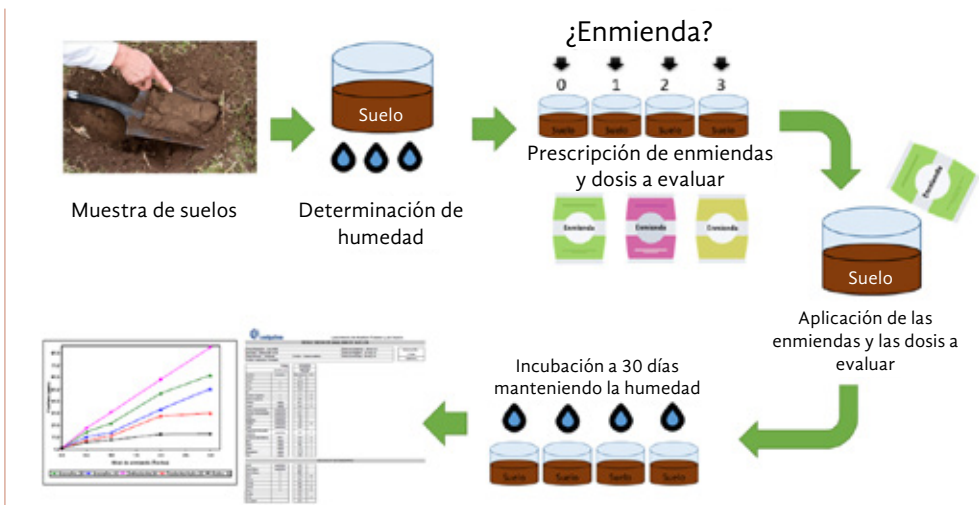
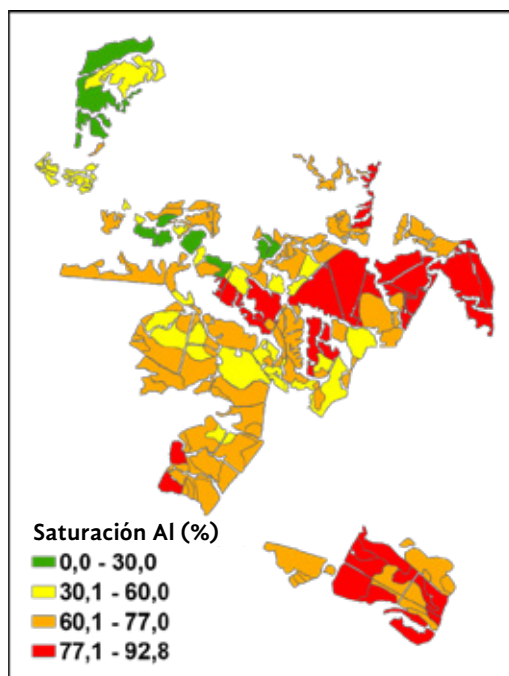


Figura 2. Distribución geográfica de las áreas priorizadas para la corrección química de suelos



aluminio presente en el suelo. Las fuentes preseleccionadas y su composición química se describen en la Tabla 1.

Después de la selección de las enmiendas a evaluar y los suelos a tratar se realizó el diseño, análisis e interpretación con las PRE. En la Figura 3 se presenta el paso a paso de la metodología implementada para la selección y evaluación de enmiendas.

Una vez recibidos los resultados de las PRE de laboratorio y su respectivo informe, se procedió a analizar y hacer la prescripción de las enmiendas

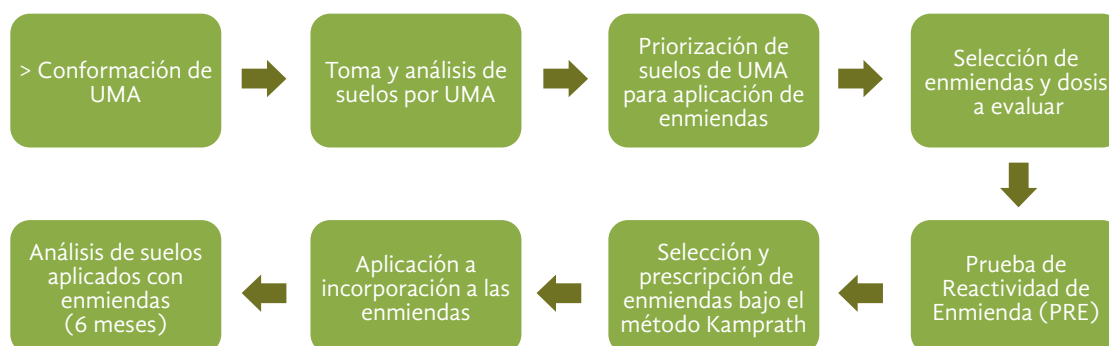
bajo el método de Kamprath (Espinoza & Molina, 1999) con las enmiendas que demostraron tener resultados positivos sobre las condiciones químicas de los suelos evaluados.

Las enmiendas seleccionadas se aplicaron al suelo con volidora de péndulo, según las especificaciones de cada UMA. En cuanto al contenido de saturación de aluminio, magnesio, calcio o contenido de fósforo a controlar o mejorar, estas enmiendas se incorporaron con un pase de rastra de disco y un pase de cincel a 40 cm de profundidad. Seis meses después de la

Tabla 1. Descripción de fuentes de enmiendas preseleccionadas.

Enmiendas	P ₂ O ₅	% Ca	% MgO	% S	% SiO ₂
1			30		31
2		33	18		
3	30	40			
4	20		9		15
5	9	40	2		6
6	20	28	0,5	3	11
7	20	36		5	10
8		3	40		12
9			88		
10			45		25
11		25		14	

Figura 3. Diagrama de flujo de la metodología para la selección y evaluación de las fuentes de enmiendas para la corrección química de suelos de las plantaciones



aplicación, se tomaron muestras de suelos por UMA representativas y se enviaron al laboratorio de análisis de suelos. Los resultados se compararon para observar si se había logrado generar cambios similares a las obtenidas en las PRE en el laboratorio.

Análisis de resultados

Con base en los resultados de las PRE, el laboratorio entrega una matriz de cambios inducidos en los suelos donde se realizaron las pruebas, indicando lo siguiente: (O) No causó modificaciones (sin diferencias significativas), (+) Efecto positivo en el suelo evaluado, (NE) Elemento no evaluado en la PRE.

En la Tabla 2 se observan los resultados de respuestas positivas en los parámetros de suelos evaluados o sin respuesta. Según cada enmienda, donde se resaltan la 1 y la 4, no se muestra una reacción significativa de cambio en el suelo, con los elementos aportantes como magnesio y silicio en el caso de la enmienda 1. Y para la enmienda 2 no hubo reacción con elementos aportantes como fósforo, magnesio y silicio.

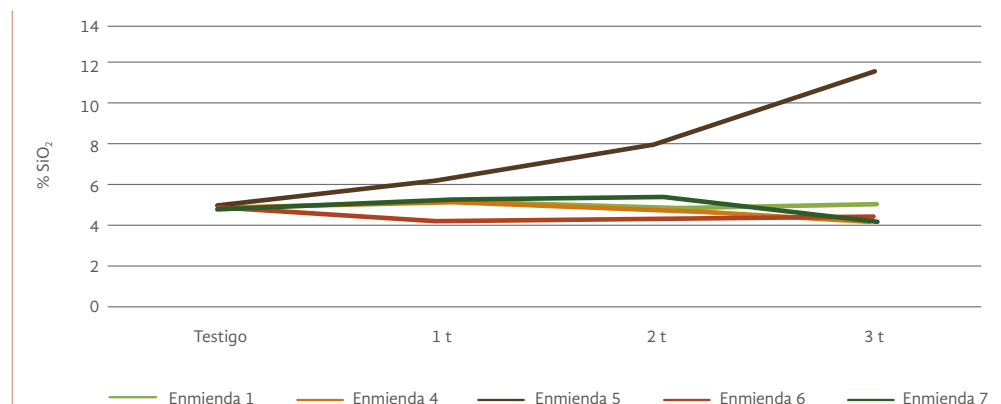
En contraste con las enmiendas 2, 3, 9, 10 y 11, donde se obtuvieron resultados positivos de cambio en los suelos evaluados, con los elementos aportantes de cada enmienda.

Para el caso de la enmienda 5 como se observa en la Figura 5, además de tener un efecto positivo con-

Tabla 2. Matriz de cambios inducidos según las PRE realizadas en el laboratorio.

Enmiendas	P ₂ O ₅	% CaO	% MgO	% S	% SiO ₂
Enmienda 1			O		O
Enmienda 2		+	+		
Enmienda 3	+	+			
Enmienda 4	O		O		O
Enmienda 5	+	+	O		+
Enmienda 6	+	+	O	NE	O
Enmienda 7	+	O		+	O
Enmienda 8		O	+		NE
Enmienda 9			+		
Enmienda 10			+		NE
Enmienda 11		+		+	

Figura 4. Respuesta del silicio en las PRE en diferentes enmiendas evaluadas



trastante con el aporte de fósforo y calcio (Tabla 2), se resalta por ser la única en obtener una respuesta positiva en los suelos evaluados con el elemento silicio, con respecto a otras cuatro enmiendas que tienen en su contenido material aportante del elemento.

El aluminio es el principal aportante para el incremento de la acidez del suelo, por lo que se hace necesaria la aplicación de materiales encalantes para neutralizar esta acidez (Espinoza & Molina, 1999). Según los datos obtenidos de las PRE para disminuir la saturación de aluminio en los suelos evaluados, las enmiendas que más aportaron una disminución significativa en la saturación de aluminio en los suelos evaluados en su orden de mayor a menor fueron la 2, la 9, la 10 y en menor proporción la 11 y la 8.

De las enmiendas evaluadas cinco productos registran en su contenido aportes importantes de fósforo en diferentes concentraciones (Figura 6). De los

resultados de las PRE se destaca la respuesta positiva de mayor a menor en el aporte de fósforo a los suelos evaluados. La enmienda 3 fue la que más aportó fósforo, seguida por la 7, la 6 y la 5. Cabe resaltar que la enmienda 4 no reaccionó significativamente en su aporte de fósforo en los suelos evaluados.

Finalmente después de la selección de enmiendas, aplicación e incorporación, se procedió, seis meses después, a tomar muestras de suelos y corroborar con los datos obtenidos en las PRE en el laboratorio.

En la Figura 7 se observan los efectos que causaron las enmiendas previamente seleccionadas con las PRE. En las condiciones de los suelos en las diferentes UMA en las que se aplicaron, en general se disminuyó la saturación de aluminio del 82 % al 28,8 %, de igual manera se tuvieron efectos positivos en el promedio de saturación de calcio y de magnesio en los suelos aplicados.

Figura 5. Efecto de las enmiendas evaluadas en PRE en la reducción de la saturación de aluminio

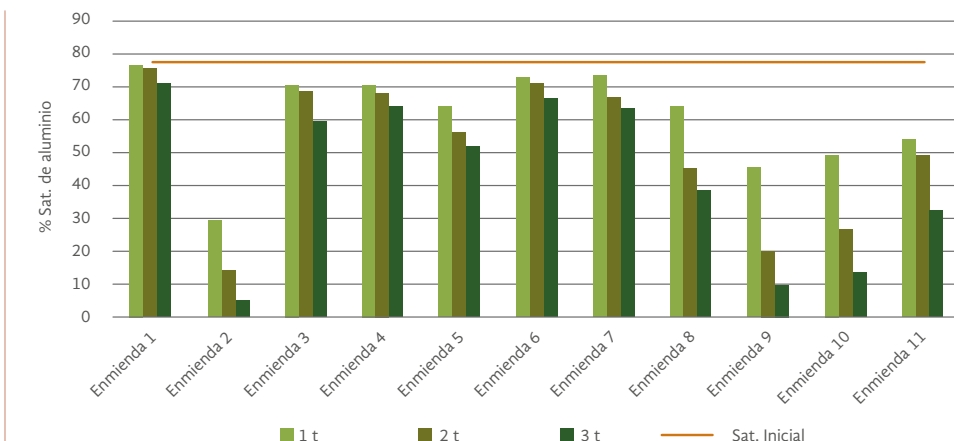


Figura 6. Respuesta del fósforo (ppm) en las enmiendas evaluadas en PRE

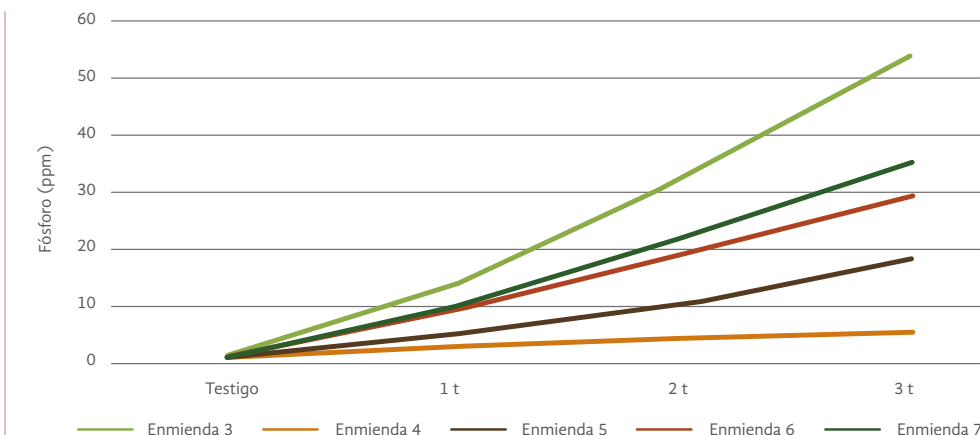


Figura 7. Efecto de las enmiendas en las condiciones químicas del suelo en campo

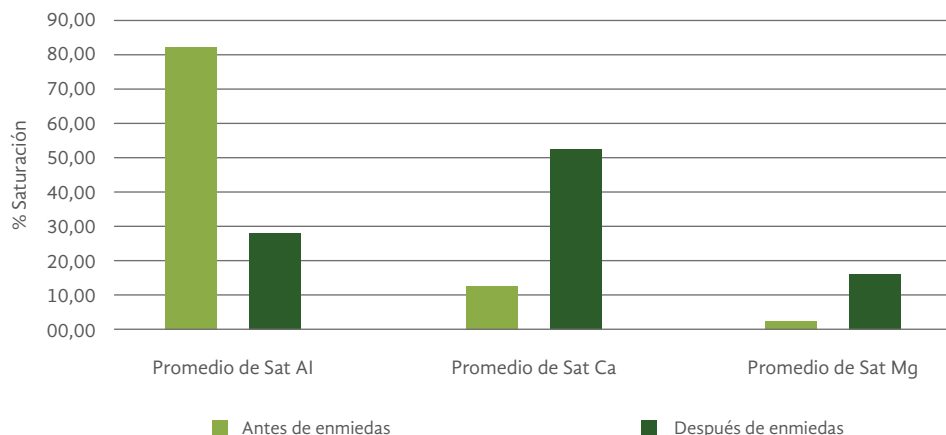
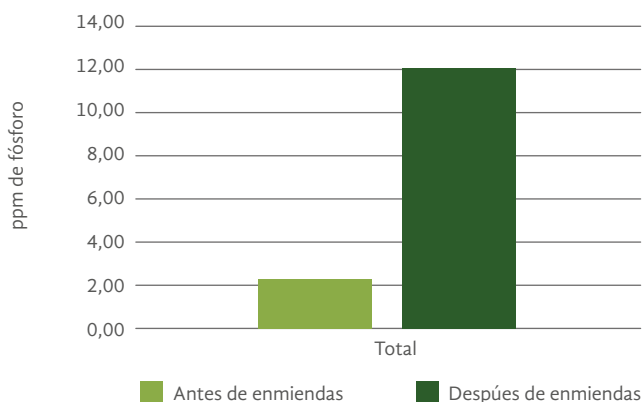


Figura 8. Efecto de las enmiendas en los contenidos de fósforo del suelo



Para el caso del fósforo, al encontrarse en niveles bajos se seleccionó una enmienda con efecto positivo de este elemento en las evaluaciones de las PRE, que luego aplicadas en campo logró incrementar en promedio unos 10 ppm en los suelos aplicados (Figura 8).

Las PRE se convierten en un elemento de alto valor técnico y económico como se observa en la Tabla 3. Se realizó el comparativo entre la enmienda 4 y la enmienda 5, las cuales reportaban contenidos de fósforo para el mejoramiento de las condiciones químicas del suelo. Pero en los resultados de las PRE para la enmienda 4, la reacción del fósforo fue negativa y para la enmienda 5 fue positiva. Con base en lo anterior se estimaron los costos de cada enmienda, más las labores de maquinaria y mano de obra para la aplicación. Teniendo en cuenta los dos resultados tenemos que con la enmienda 4 para un área de 100 hectáreas estaríamos invirtiendo 58.000.000 que no tendrían efecto en

el suelo aplicado, en contraste con la enmienda 5 estaríamos invirtiendo para 100 hectáreas, 68.000.000 con efecto positivo en los contenidos de fósforo del suelo.

Conclusiones

Con este trabajo se valida la funcionalidad de las PRE como herramienta fundamental para la selección de enmiendas adecuadas para cada suelo, permitiendo que los planes para su mejoramiento químico sean altamente eficientes.

Se identificaron mediante las PRE, las enmiendas que impactaron favorablemente en los suelos de la zona de Yarima. Lo cual se corroboró con la toma de muestras, seis meses después de la aplicación de las enmiendas, que confirmó los efectos positivos en la corrección de los nutrientes, similares a los obtenidos en las pruebas de reactividad.

Tabla 3. Costos de elección de enmiendas con las PRE.

	Reacción de fósforo en las enmiendas con PRE	Valor/ha/t	Valor aplicación incorporación/ha	Valor transporte	Valor total /ha	Valor para 100 ha
Enmienda 4	Negativo	\$ 300.000	\$ 160.000	\$ 120.000	\$ 580.000	\$ 58.000.000
Enmienda 5	Positivo	\$ 400.000	\$ 160.000	\$ 120.000	\$ 680.000	\$ 68.000.000

Las enmiendas tienen una reacción diferente en cada suelo gracias a la influencia de muchos factores, por lo que se recomienda implementar las evaluaciones de enmiendas con las PRE en el programa de manejo de suelos de cada plantación, garantizando la eficiencia del uso de los recursos económicos y técnicos.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Fernando Munévar por compartir su conocimiento y experiencia para el desarrollo de este trabajo. Agradecen también a Claudia Otero y a la junta directiva de las empresas Agroindustrias Villa Claudia y Palmeras de Yarima.

Bibliografía

- Castro, H. y Munévar O. (2013). Mejoramiento químico de suelos ácidos mediante el uso combinado de materiales enalantes. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 16(2), 409-416.
- Cristancho, A., Munévar, F., Acosta, A., Santacruz, L. & Torres, M. (2007). Relación de las características edáficas y el desarrollo del sistema de raíces de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq). *Palmas*, 28(1), 26-29.
- Espinoza, J. & Molina, E. (1999). *Acidez y encalado de los suelos*. IPNI.
- Malagón, D. (2003). Ensayo sobre tipología de suelos colombianos-Énfasis en génesis y aspectos ambientales. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 27(104), 319-341
- Munévar, F., Romero, A. & Cuellar, M. (2005). *Pruebas de reactividad de enmiendas (PRE): Ensayos de laboratorio que apoyan al palmicultor en la selección de fertilizantes efectivos*. Bogotá: Cenipalma.
- Osorno, H. (2012). *Mitos y realidades de las cales y enmiendas en Colombia*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional.
- Rivera, Y., Moreno, L., Herrera, M. & Romero, H. (2016). La toxicidad por aluminio (Al³⁺) como limitante del crecimiento y la productividad agrícola: el caso de la palma de aceite. *Palmas*, 37(1), 11-23.
- Sispa. (2019). Recuperado de áreas en desarrollo y en producción: <http://sispaweb.fedepalma.org/sispaweb/default.aspx?Control=Pages/areas>