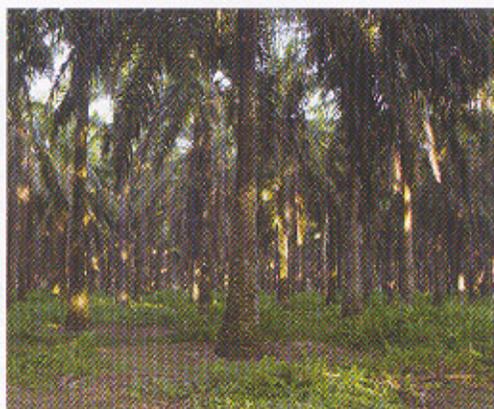


Notas del Director

La necesidad que tiene la palmicultura colombiana de ser cada vez más competitiva implica que para el manejo del cultivo se usen insumos que sean muy rentables. Siendo que la fertilización es uno de los componentes de los costos de producción más altos actualmente en el cultivo, buscar la rentabilidad en esta práctica es de la mayor importancia. Por esta razón, Cenipalma viene trabajando en el tema de la eficiencia de la fertilización desde hace varios años. Los fertilizantes de baja solubilidad son materias que requieren de cierto tiempo de reacción en el suelo luego de su aplicación para que liberen los nutrientes que contienen o para que modifiquen la acidez u otra característica química del suelo. Generalmente los fertilizantes de baja solubilidad (que también se pueden denominar enmiendas) tienen un menor costo por tonelada de producto que los fertilizantes solubles y por ello al palmicultor le interesa determinar si los puede utilizar para su cultivo. La composición química de las enmiendas que se registra en las etiquetas y las fichas técnicas de los productos no es información suficiente para determinar cómo se comportarán al aplicarlas a un suelo determinado, razón por la cual hay que observar dicho comportamiento mediante ensayos. Cenipalma desarrolló un procedimiento de laboratorio para ayudar a los palmicultores a seleccionar fertilizantes de baja solubilidad por su efectividad relativa, como parte de las investigaciones que viene adelantando en el tema de la eficiencia de la fertilización. Este Ceniavances explica cómo son estas pruebas (que se denominan PRE) y cuál es su utilidad. El palmicultor puede solicitar la realización de estos ensayos con las enmiendas en las que esté interesado y con el suelo o suelos de su plantación. Con este servicio, que también es muy útil para seleccionar con base técnica las enmiendas que convendría utilizar antes de sembrar la palma de aceite, Cenipalma amplía los mecanismos de apoyo a los palmicultores para ayudarles a ser más competitivos.

PEDRO LEÓN GÓMEZ CUERVO
Director Ejecutivo

Pruebas de reactividad de enmiendas (PRE): ensayos de laboratorio que apoyan al palmicultor en la selección de fertilizantes efectivos*



Las enmiendas químicas se utilizan frecuentemente en el cultivo de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq) en Colombia. Estos materiales interesan al palmicultor generalmente por su bajo costo por unidad de peso de producto comercial, pero muchas veces para su selección no se utilizan criterios técnicos. En este escrito se utiliza el término enmienda química para referirse a las sustancias o materiales de baja solubilidad que se aplican al suelo para modificar una o más de sus propiedades químicas (Brady y Weil, 1996) y por tanto, excluye las fuentes de nutrientes altamente solubles en agua, es decir, los fertilizantes solubles. Ejemplos típicos de enmiendas químicas, en este contexto, son: las cales, las rocas fosfóricas sin transformar o parcialmente transformadas, los minerales portadores de elementos esenciales procesados físicamente, pero no químicamente, etc.

Debido a que la efectividad relativa de las enmiendas químicas depende de múltiples factores, además de su composición química (Barber, 1984; Härdter, et al., 2004; Mc Clellan y Gremillion, 1980), el análisis químico de dichos materiales no aporta la información suficiente para decidir acerca de la conveniencia de su uso en una circunstancia específica. Con la finalidad de apoyar a los palmicultores con información técnica que les sirva de base para seleccionar enmiendas químicas, se estandarizó en el Laboratorio de Análisis Foliare y de Suelos de

Cenipalma (LAFS) un ensayo que permite evaluar su reactividad en los suelos de interés específico para los cultivadores. Los ensayos se realizan incubando por un tiempo predeterminado muestras de suelo que reciben diferentes dosis de las enmiendas a ser evaluadas, y su efecto se califica con base en los cambios químicos que se detecten en el suelo, utilizando métodos de análisis convencionales. A estos ensayos se les dio el nombre de "Pruebas de Reactividad de Enmiendas" y a ellos nos referiremos por su acrónimo "PRE". Este Ceniavances hace una descripción general de las PRE, en cuanto a la metodología empleada, los diferentes componentes del informe de resultados y la utilidad de estos ensayos, con la finalidad de que los palmicultores puedan decidir en qué casos les conviene recurrir a estas pruebas para apoyar en ellas la selección de enmiendas o de fertilizantes de baja solubilidad con los cuales podrían mejorar los suelos de sus cultivos.

Descripción de las pruebas

Las PRE estandarizadas en el LAFS comprenden siete etapas: (1) Análisis de las características iniciales del suelo de interés, (2) Determinación de la humedad y de la capacidad de campo del suelo, (3) Diseño de la prueba, (4) Aplicación de las enmiendas, (5) Incubación, (6) Análisis de los parámetros de interés al final de la incubación y (7) Despliegue e interpretación de los resultados.

Análisis inicial del suelo

Antes de iniciar las PRE, es necesario analizar el suelo al cual se aplicarían las enmiendas en el campo. Con esta finalidad, el interesado en la prueba debe tomar una muestra de suelo representativa del área a la cual se pretende aplicar los resultados, siguiendo los criterios generales que se han establecido para lograr dicha representatividad (Munévar y Franco, 2002) y teniendo en cuenta la profundidad a la cual se quieren modificar las características del suelo con la enmienda. Es también importante que el interesado tome una muestra, independiente de la anterior, para determinar la densidad aparente del suelo. En el laboratorio se realiza la caracterización del suelo mediante su análisis completo, el cual incluye las determinaciones de textura, pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico, acidez intercambiable, aluminio (Al) intercambiable,

* Autores: Fernando Munévar M., Investigador Titular; Alicia Romero F., Investigadora Auxiliar; Mónica Cuéllar S., Investigadora Asistente. Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma. Autor para correspondencia: fernando.munevar@ceniapalma.org.

las bases intercambiables (potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y sodio (Na)), fósforo (P) disponible, azufre (S) extractable y los microelementos [boro (B), zinc (Zn), cobre (Cu), hierro (Fe) y manganeso (Mn)]. Según la(s) enmienda(s) a probar, también se puede realizar la determinación del silicio (Si) disponible. Para llevar a cabo estas determinaciones se emplean los métodos estandarizados en el LAFS (Cuéllar y Munévar, 1998; 2002).

Con los resultados del análisis inicial del suelo se determina o se confirma qué parámetros químicos del suelo deben corregirse, y cuáles de ellos podrían modificarse mediante el uso de enmiendas. Además, se puede hacer una preselección de enmiendas a utilizar en las PRE. Dichos resultados son también datos básicos para decidir sobre los niveles de aplicación de las enmiendas que se emplearán, sobre otras especificaciones de las PRE y son, por otra parte, el punto de referencia para evaluar los cambios que se produzcan en el suelo como resultado de la reacción de las enmiendas.

Determinación de la humedad y de la capacidad de campo

Debido a que las reacciones químicas en el suelo, y particularmente la solubilización de las enmiendas, son altamente dependientes de la humedad, las PRE se realizan bajo condiciones controladas de humedad, de tal forma que durante la incubación de la enmienda con el suelo, éste se mantenga con una humedad equivalente, aproximadamente, a la capacidad de campo. La capacidad de campo es la humedad que permanece en el suelo luego de que éste, habiéndose saturado previamente con agua, se deja drenar libremente por dos o tres días (Brady y Weil, 1996). Por lo anterior, antes de iniciar las PRE, se determina en el laboratorio la capacidad de campo del suelo y la humedad presente en la muestra que se empleará, para conocer la cantidad de agua que debe agregarse.

Diseño de las PRE

Por diseño de las PRE se entiende definir qué enmienda o enmiendas se incluirán en los ensayos, qué niveles o tasas de aplicación se emplearán, los parámetros de evaluación (análisis químicos) a incluir, la duración de las pruebas y si las mismas se realizará con uno o más suelos. Los criterios que se tienen en cuenta para el diseño son diversos, entre ellos, el diagnóstico de los factores limitantes del suelo o los suelos de interés, la decisión de qué parámetros del suelo se quieren modificar y en qué magnitud, las enmiendas disponibles en el mercado y que tienen un potencial para corregir las limitaciones del suelo, el interés del palmicultor en evaluar una determinada enmienda, la forma de aplicación que se prevé como viable para las condiciones específicas del cultivo, etc. Por lo anterior, el interesado en la prueba debe suministrar información relacionada con algunos de los aspectos antes mencionados. Generalmente, el diseño incluye varias dosis de una misma enmienda porque de esta manera se puede hacer una mejor interpretación de los resultados, ya que una enmienda efectiva debe generar cambios en el suelo proporcionales a la cantidad aplicada. El diseño de la PRE termina con el cálculo de las cantidades de enmienda que deben aplicarse a las porciones de suelo que serán tratadas en el laboratorio.

Aplicación de las enmiendas e incubación

Las enmiendas se aplican, en las diferentes cantidades que se han calculado en la etapa de diseño, a pequeñas porciones (alícuotas) del suelo a estudiar y se incluye también un tratamiento de comparación (control) que no recibe enmienda. La cantidad de suelo que se utiliza depende de los parámetros químicos que se van a medir, pero generalmente es práctico utilizar porciones de suelo entre 50 y 100 g. En recipientes apropiados, como por ejemplo, vasos plásticos, se pesan con precisión las alícuotas de suelo, se les agrega la cantidad de enmienda que corresponda al nivel de aplicación y se homogeniza la mezcla de suelo y enmienda. A la mezcla de suelo y enmienda se le agrega la cantidad de agua requerida para alcanzar la condición de humedad de capacidad de campo. Los recipientes se cubren y se mantienen a temperatura ambiente (18 a 20 °C), en un lugar del laboratorio donde las variaciones de temperatura sean limitadas. La humedad del suelo se ajusta dos veces por semana durante el período de incubación, lo cual se logra reponiendo el agua perdida, según se determine por las disminuciones de peso que sufran los recipientes con la mezcla de suelo y enmienda, con respecto

a su peso inicial. La duración del período de incubación se decide de acuerdo con la naturaleza del suelo y de las enmiendas bajo estudio, pero generalmente dicho período no debe ser menor de 30 días. Por otra parte, se pueden diseñar PRE en las cuales el tiempo de incubación sea variable, lo cual es importante para el caso de materiales muy insolubles.

Análisis químicos al final de la incubación

Al finalizar el período de incubación, el suelo de cada recipiente se procesa como una muestra separada, siguiendo los métodos estandarizados en el LAFS, por lo cual se dan los pasos de secado, molienda y análisis de los parámetros que se requiera, de acuerdo con el diseño de la prueba.

El informe de resultados

Se describe a continuación el contenido del informe de resultados de las PRE que se entrega al solicitante de este servicio, y la finalidad de cada uno de sus componentes. Para facilitar la ilustración de este aparte, se utiliza un ejemplo real de unas PRE realizadas con varias enmiendas en un solo suelo. Uno de los primeros componentes del informe de resultados es la descripción de la metodología empleada, en el cual se identifican tanto el suelo como las enmiendas que se estudiaron. En esta sección se consignan los resultados del análisis inicial del suelo, así como la identificación y la composición química de las enmiendas empleadas. Se especifican además las dosis de enmiendas que se aplicaron y las bases de los cálculos realizados para determinar las cantidades de enmienda aplicadas a cada porción de suelo. Los resultados como tales, se presentan de las siguientes formas: (1) Tablas de datos, (2) Gráficas de respuesta, (3) Matriz de cambios inducidos por las enmiendas, (4) Tabla de efectividad relativa de las enmiendas y (5) Discusión general.

Tablas de datos y gráficas de respuesta

Por cada parámetro que se haya utilizado para evaluar la reactividad de las enmiendas ensayadas, se presenta una tabla que contiene los resultados de los análisis del suelo al terminar el período de incubación, para cada combinación de dosis y tipo de enmienda. El conjunto de estas tablas contiene todos los datos obtenidos en las PRE y son la base para cálculos posteriores que sea conveniente o necesario realizar. Como se anotó antes, para ilustrar ésta y las siguientes secciones de esta publicación, se utiliza un ejemplo de unas PRE realizadas para comparar cinco enmiendas fosfóricas (EF), aplicadas en cinco niveles a un suelo denominado "Casanare HI". Como el objetivo principal de esta publicación es describir las PRE y su utilidad, las enmiendas del ejemplo se identificarán en lo sucesivo con los códigos EF1 a EF5 y para facilitar la comprensión de los resultados, en la Tabla 1 se da información sobre la composición química de las enmiendas.

Tabla 1. Información sobre la composición química de las enmiendas evaluadas en las pruebas que se presentan como ejemplo.

Código de identificación	Datos de la composición*
EF1	30% de P ₂ O ₅ ; 43% de CaO
EF2	26% de P ₂ O ₅ ; 30% de CaO; 7% de S
EF3	40% de P ₂ O ₅ ; 27% de CaO; 3% S
EF4	28% de P ₂ O ₅ ; 38% de CaO
EF5	32% de P ₂ O ₅ **

* Se anotan datos sobre la composición suministrados por el solicitante de las pruebas, los cuales pueden no estar completos. Los análisis de la composición de las enmiendas no fueron realizados por Cenipalma.

** Este material, presumiblemente contiene Ca, pero el solicitante de la prueba no tenía información al respecto.

La Tabla 2 contiene, a manera de ejemplo, los resultados del análisis de P disponible, los cuales muestran diferencias importantes. Con el fin de visualizar de una manera más fácil las diferencias en el comportamiento de las enmiendas, con

cada variable de evaluación se elabora una gráfica como lo ilustra la Figura 1, para el caso del P disponible. La gráfica, que, como es de esperar, se elaboró con los mismos datos de la Tabla 2, permite ver con mayor facilidad las diferencias en comportamiento de las enmiendas ensayadas. En la Figura 1 se ha incluido, además de la identificación de cada enmienda, la concentración de P (en términos de P_2O_5) de ellas, para facilitar aun más la interpretación. Este modelo de gráfica permite apreciar muy claramente las diferencias que se presentaron entre las enmiendas y se pueden separar muy fácilmente aquellas que modifican sensiblemente el P disponible del suelo (por ejemplo, EF1 y EF2), de aquella casi inefectiva (EF5). Por otra parte, sobresale el hecho de que la magnitud relativa del aumento en P disponible no guarda relación con la concentración de P total de las enmiendas, pues, por ejemplo dos enmiendas (EF1 y EF2) aportaron más P disponible al suelo que otra enmienda (EF3) que contenía más P total que las antes citadas. De igual forma EF2 aportó más P disponible que tres enmiendas (EF3, EF4 y EF5) que contenía más P total.

Tabla 2. Resultados del análisis de P disponible (ppm) extraído del suelo Casanare HI luego de 30 días de incubación con 25 combinaciones de dosis y tipo de enmienda.

Nivel de enmienda (ton/ha)	Identificación de las enmiendas*				
	EF1	EF2	EF3	EF4	EF5
0,0	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02
0,5	18,56	15,48	1,47	8,49	6,76
1,0	31,93	22,69	5,05	2,30	8,94
2,0	59,14	47,64	4,28	8,87	13,62
3,0	85,76	62,60	1,30	1,03	13,92

* En los informes para los usuarios de las PRE, las enmiendas ensayadas se identifican con el nombre utilizado por el solicitante.

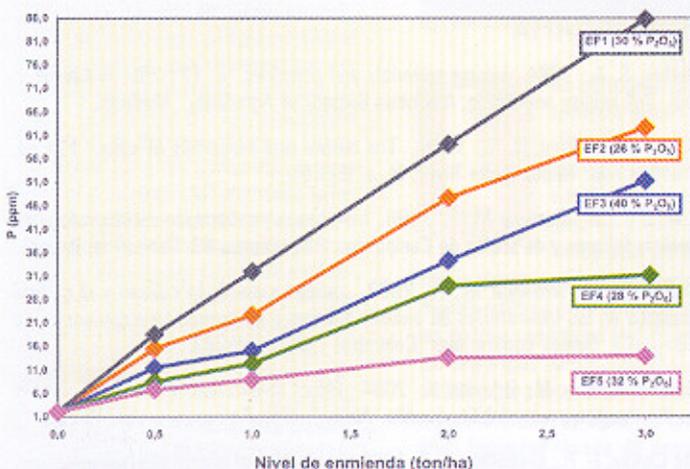


Figura 1. Fósforo disponible extraído del suelo después de la incubación, en función de la enmienda y su nivel de aplicación.

Cuando la respuesta de un parámetro en particular se ajusta a un comportamiento matemático determinado, en el informe se incluye también una ecuación de regresión, la cual permite hacer cálculos o estimativos de la cantidad de cada enmienda requerida para llevar, en el caso del ejemplo, el P disponible a un valor esperado específico. Por ejemplo, el comportamiento de la EF1, en cuanto a la relación entre nivel aplicado y P extraído, se pudo describir mediante la ecuación $y = 3,589 + 27,61x$ ($r^2 = 0,9985$; $p < 0,0001$), mientras que el de la EF3 se describe mediante la ecuación $y = 1,556 + 16,36x$ ($r^2 = 0,9899$; $p < 0,001$), donde $y =$ ppm de P extraído y $x =$ dosis de enmienda (ton/ha). Al aplicar estas dos ecuaciones, se podría estimar, por ejemplo, que para lograr un nivel de P disponible de 25 ppm en el suelo bajo estudio, se requeriría aplicar 0,775 ton/ha de EF1, mientras que para lograr igual efecto con EF3 se requeriría de la aplicación de 1,433 ton/ha. Con estos cálculos, el cultivador puede estimar los costos que implicaría cada una de las dos opciones que se ilustran con este ejemplo y así basar su decisión en la combinación de criterios técnicos y económicos.

Como ejemplos adicionales de la representación de los resultados en gráficas se presentan las Figuras 2 y 3, en las cuales se pueden apreciar fácilmente las diferencias entre enmiendas, en cuanto a su efecto sobre el Ca y el pH del suelo. La Figura 2 permite observar claramente que las enmiendas también difieren en su efectividad para aumentar el Ca intercambiable del suelo y, como algo de mucho interés práctico, que la enmienda más efectiva en este sentido (EF2), no fue la mejor enmienda en cuanto a su capacidad para aumentar el P disponible del suelo (EF1; Figura 1). En forma similar, la Figura 3 permite interpretar fácilmente los resultados sobre el efecto de las enmiendas en el pH del suelo, pues se tuvieron dos grupos de comportamiento claramente diferenciados, tres enmiendas (EF1, EF4 y EF5) que no modificaron el pH y dos enmiendas (EF2 y EF3) que causaron disminución en el pH, de manera progresiva, en la medida en que aumentó la cantidad aplicada de las mismas.

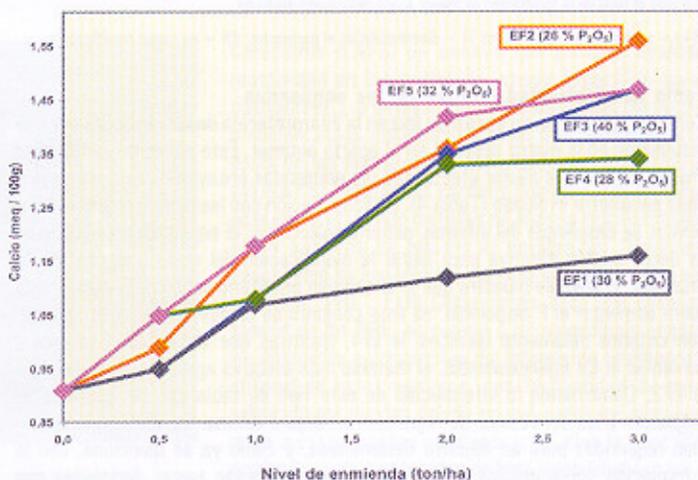


Figura 2. Calcio intercambiable extraído del suelo después de la incubación, en función de la enmienda y su nivel de aplicación.

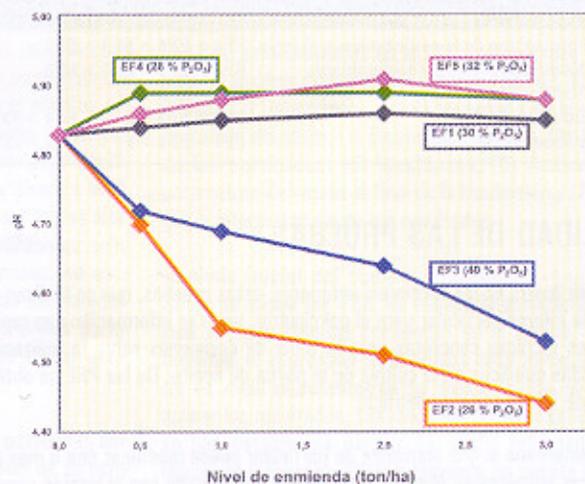


Figura 3. pH del suelo después de la incubación, en función de la enmienda y su nivel de aplicación.

Matriz de cambios inducidos por las enmiendas

Esta es una forma de despliegue de los resultados que contiene un resumen en el cual se aprecia fácilmente qué parámetros del suelo, de los incluidos en la PRE, fueron modificados y en qué sentido, por cada una de las enmiendas ensayadas. La Tabla 3, es un ejemplo de esta forma de despliegue de los resultados, para el caso de la PRE que se tomó como ilustración. Una observación rápida de este tipo de matriz permite concluir, para el caso del ejemplo, que todas las enmiendas ensayadas en el suelo Casanare HI aumentaron el P disponible y el Ca intercambiable, mientras que solo dos de ellas (EF1 y EF3) aumentaron el S disponible. Esta

matriz, en consecuencia, permite establecer cual o cuales de las enmiendas ensayadas son potencialmente útiles para lograr un cambio determinado en el suelo, de acuerdo con los objetivos de manejo.

Tabla 3. Matriz de cambios inducidos por cinco enmiendas fosfóricas en el suelo Casanare H¹.

Enmienda	Parámetros evaluados					
	pH	Acidez	Al	Ca	S	P
EF1	O ²	O	-	-	+	+
EF2	-	-	-	+	O	+
EF3	-	-	-	+	+	+
EF4	O	-	-	+	O	+
EF5	O	-	-	+	O	+

¹Se considera que se produjo un cambio cuando la diferencia entre el valor inicial de un parámetro y el obtenido al final de la incubación es mayor a una desviación estándar.

² (+) = aumento en el parámetro; (-) = disminución en el parámetro; (O) = no causó modificación.

Tabla de efectividad relativa de las enmiendas

Con esta tabla se da un paso más allá en la interpretación de los resultados que se resumieron en la matriz descrita en el aparte anterior. Este elemento del informe ordena de mayor a menor efectividad las enmiendas ensayadas, con respecto a cada parámetro evaluado (Tabla 4). En combinación con los otros componentes y formas de despliegue del informe, permite seleccionar la enmienda más indicada, es decir, la más efectiva para lograr la modificación del suelo a la cual se da prioridad. El ejemplo muestra que si el objetivo prioritario del manejo agronómico fuera aumentar el P disponible, de este conjunto de enmiendas se seleccionaría, con criterios solamente técnicos, la EF1, mientras que si se diera prioridad a aumentar el Ca intercambiable, el material más efectivo agronómicamente sería la EF2. Combinando la información de este tipo de tabla con las gráficas de respuesta y las ecuaciones de regresión, se llega a estimar los niveles de aplicación requeridos para un objetivo determinado, y como ya se mencionó, con la información sobre precios de las enmiendas se pueden tomar decisiones con criterio tanto técnico, como económico.

Tabla 4. Efectividad relativa de las enmiendas frente a cinco parámetros de evaluación.

Modificación	Efectividad relativa
Disminución de la acidez intercambiable	EF4 > EF5 > EF3 > EF2
Disminución del Al intercambiable	EF4 > EF5 > EF1 > EF3
Disminución del pH	EF2 > EF3
Aumento del Ca	EF2 > EF3 > EF5 > EF4 > EF1
Aumento del P	EF1 > EF2 > EF3 > EF4 > EF5

UTILIDAD DE LAS PRUEBAS

Como se ilustró en las secciones anteriores, estas pruebas, que se realizan con el suelo de interés particular para el palmicultor, aportan información que representa bases técnicas concretas para la toma de decisiones sobre la utilización de enmiendas químicas en el cultivo de la palma de aceite. De las PRE se obtiene la siguiente información específica:

1. Se determina si una enmienda en particular puede modificar una o más características químicas en el suelo bajo estudio, de acuerdo con el interés específico del cultivador. En la práctica, con la prestación de este servicio Cenipalma ha ayudado a los palmicultores a identificar productos comerciales que no son efectivos y, por el contrario, a reconocer productos agronómicamente útiles para fines específicos.
2. Se compara la efectividad de diferentes enmiendas que sean de interés para modificar las características químicas del suelo.
3. Se puede estimar la cantidad de una enmienda determinada que debe ser aplicada al suelo bajo estudio, para lograr un efecto preestablecido, lo cual supera la limitación que existe para usar la composición química de las enmiendas como base para dichos estimativos.

4. Con los resultados técnicos y la información sobre los costos de las enmiendas, se puede hacer un análisis económico para escoger entre diferentes alternativas de manejo químico del suelo, con base en una combinación de criterios técnicos y económicos.

5. Se determinan posibles efectos secundarios de las enmiendas que no son fáciles de predecir con base en su análisis químico total.

6. Se puede estimar el tiempo mínimo requerido para que una enmienda determinada reaccione en el suelo y por tanto hacer comparaciones entre enmiendas, en cuanto a dicho factor.

Luego de la estandarización de estas pruebas, numerosos palmicultores han hecho uso de este nuevo servicio que presta el LAFS de Cenipalma, lo cual ha permitido acumular información útil que se divulgará a través de futuras publicaciones.

Para la correcta interpretación de los resultados de las PRE, debe tenerse en cuenta que, por ser ensayos de laboratorio, las condiciones para la reacción de las enmiendas en el suelo se optimizan, particularmente en cuanto a la humedad y a la mezcla íntima entre suelo y enmienda, por lo cual se pueden presentar algunas diferencias con el comportamiento en el campo. También debe tenerse en cuenta que los resultados no se pueden extrapolar de un suelo a otro, ya que las características físicas, químicas y biológicas de estos afectan la reactividad de las enmiendas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Palmas de Casanare por autorizar la utilización de resultados obtenidos en pruebas contratadas por dicha empresa y a María del Pilar Triana, directora del LAFS, por la revisión del borrador.

BIBLIOGRAFIA

- Barber, S. A. 1984. Liming materials and practices. p. 171-209. *In* Adams, F (ed). Soil acidity and liming. American Society of Agronomy. Madison.
- Brady, N. C.; Weil, R. R. 1996. The nature and properties of soils. 11a ed. Prentice Hall. Upper Sadle River, N. J. (EEUU).
- Cuéllar S., M.; Munévar M., F. 1998. Instalación y calibración del laboratorio de análisis foliares y de suelos de Cenipalma. Ceniavances 43. Cenipalma, Bogotá.
- Cuéllar S., M.; Munévar M., F. 2002. Importancia de la calidad y el control analítico en los laboratorios de análisis foliares y de suelos: La experiencia de Cenipalma. Suelos Ecuatoriales (Colombia) 32(2):355-363.
- Hårdter, R.; Rex, M.; Orlovius, K. 2004. Effect of different Mg fertilizer sources on the magnesium availability in soils. *Nutr. Cycling Agroecosys.* 70:249-259.
- Mc Clellan, G. H.; Gremillion, L. R. 1980. Evaluation of phosphate raw materials. p. 43-80. *In* Khasawneh, F. E.; Sample, E. C.; Kamprath, E. J. (ed). The role of phosphorus in agriculture. American Society of Agronomy. Madison.
- Munévar M., F.; Franco B., P. N. 2002. Guía general para el muestreo foliar y de suelos en cultivos de palma de aceite. Boletín técnico No 12, Segunda edición. Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma. Bogotá.



Director: Pedro León Gómez Cuervo

Revisión de textos: Comité de Publicaciones de Cenipalma

Coordinación editorial: Oficina de Prensa

Diseño y diagramación: Briceño Gráfico

Impresión: Mother Ltda. Impresores

Esta publicación contó con el apoyo del Fondo de Fomento Palmero