



## CONTENIDO

	Pág.
Efecto de la corrección del pH en el rendimiento de piña en suelos volcánicos .....	1
El Sistema Internacional de Unidades (SI) .....	6
Manejo del potasio para la producción de cultivos orgánicos .....	11
Reporte de Investigación Reciente .....	15
- Distribución de nutrientes en plantaciones de eucalipto en el Brasil	
- Efecto de la fertilización con fosfito en el crecimiento, rendimiento y composición del cultivo de fresa	
Cursos y Simposios .....	15
Publicaciones Disponibles .....	16

Editores : Dr. José Espinosa  
Dr. Raúl Jaramillo

Se permite copiar, citar o reimprimir los artículos de este boletín siempre y cuando no se altere el contenido y se citen la fuente y el autor



Misión: Desarrollar y promover la información científica sobre el manejo responsable de la nutrición de las plantas para beneficio de la humanidad

## EFFECTO DE LA CORRECCION DEL pH EN EL RENDIMIENTO DE PIÑA EN SUELOS VOLCANICOS

Francisco Mite<sup>1</sup>, Lorena Medina<sup>2</sup> y José Espinosa<sup>3</sup>

### Introducción

La región del litoral de Ecuador tiene condiciones climáticas favorables para el cultivo de piña (*Ananas comosus*). El cultivo crece en suelos de origen sedimentario y metamórfico y en suelos derivados de ceniza volcánica. Sin embargo, el crecimiento en área sembrada en los últimos años ha ocurrido principalmente en suelos volcánicos ácidos del centro y norte de la costa del Ecuador. El crecimiento en el área de cultivo se fundamenta en la disponibilidad de nuevos materiales de piña, particularmente del híbrido MD2 de alto rendimiento, excelente sabor y buena aceptación en los mercados internacionales.

Es comúnmente aceptado que la piña se desarrolla mejor en suelos ácidos (Anónimo, 1996; Jaramillo, 1990; Uriza et al., 1994), pero condiciones ácidas extremas pueden causar problemas aun en cultivos tolerantes como la piña. Las altas concentraciones de Al intercambiable ( $Al^{3+}$ ) en suelos ácidos afecta el crecimiento radicular y el rendimiento de los cultivos (Espinosa y Molina, 1999). No obstante, el uso de enmiendas para controlar el problema no es completamente aceptado por agricultores y técnicos dedicados al cultivo, basándose en la premisa de que la piña necesita condiciones ácidas para desarrollarse adecuadamente.

Los suelos de la zona de expansión de la piña en Ecuador reciben abundantes precipitaciones (> 3 000 mm al año) que promueven altas tasas de lixiviación. Esta condición está relacionada principalmente con la baja capacidad de intercambio catiónico (CIC) generada por la acidez en suelos de carga variable (Uehara, 1984). Esta condición, junto con la alta concentración de  $Al^{3+}$  en la solución del suelo podría limitar el potencial de rendimiento de la piña MD2.

En estas condiciones, el uso de enmiendas puede mejorar las condiciones químicas, físicas y biológicas del suelo al precipitar el  $Al^{3+}$  e incrementar la CIC del suelo. Para probar el efecto de varias enmiendas en el cultivo de la

- 1 Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Estación Experimental Tropical Pichilingue, Quevedo, Ecuador. Correo electrónico: fmittev@gye.satnet.net.
- 2 Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Estación Experimental Tropical Pichilingue, Quevedo, Ecuador. Correo electrónico: loremed50@hotmail.com.
- 3 International Plant Nutrition Institute (IPNI). Oficina para el Norte de Latino América, Quito, Ecuador. Correo electrónico: jespinoza@ipni.net.

**Tabla 1. Características químicas del suelo en el sitio experimental.**

pH	MO %	NH <sub>4</sub> ----- mg kg <sup>-1</sup> -----	P	S	K	Ca	Mg	Al+H ----- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----
4.4	5.8	19	16	24	0.3	2.0	0.3	1.5

piña se diseñó un experimento cuyos objetivos fueron: 1) determinar la mejor enmienda y la dosis de aplicación para controlar la acidez de suelos volcánicos cultivados con piña, 2) evaluar el efecto de las enmiendas en el crecimiento radicular y el rendimiento de la piña, 3) identificar los cambios químicos del suelo con la utilización de las diversas enmiendas.

### Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en dos fases: una fase de laboratorio e invernadero y otra de campo. En la primera fase se condujo una prueba de incubación para evaluar el efecto de la incorporación de calcita (carbonato de calcio, CaCO<sub>3</sub>), magnesita (carbonato de magnesio, MgCO<sub>3</sub>), dolomita (CaCO<sub>3</sub>•MgCO<sub>3</sub>) y yeso (sulfato de calcio, CaSO<sub>4</sub>) sobre el pH del suelo, la precipitación del Al<sup>3+</sup> y los cambios en la CIC del suelo. Se aplicaron dosis de 0, 1.5, 3.0, 4.5, 6.0, 7.5, 9.0 y 10.5 t ha<sup>-1</sup> de cada una de las enmiendas en 900 g de suelo seco. Se mezclaron completamente las enmiendas con el suelo y se colocaron en bolsas plásticas. La mezcla se humedeció a capacidad de campo, se selló la bolsa y se dejó a reaccionar por 30 días. Se procedió a voltear cada bolsa dos veces al día. Al terminar el periodo de incubación se procedió a secar los suelos y se recogió una muestra para determinar el pH, contenido de Al y CIC.

En la segunda fase se condujo un experimento de campo que se sembró en Febrero del 2007 y se cosechó en Mayo del 2008. Las condiciones climáticas de la zona donde se ubicó el experimento son las siguientes: temperatura media 24.4 °C, precipitación anual 3 530 mm, humedad relativa 88.1 %, evaporación anual 975.9 mm, heliofanía 779.0 horas luz año<sup>-1</sup>. El suelo del sitio, representativo de la zona, es un Andisol clásico formado por las deposiciones de ceniza generada por los volcanes del norte de la sierra ecuatoriana. La **Tabla 1** resume las características químicas del sitio experimental. En esta fase se utilizaron los mismos tratamientos del experimento de incubación, dispuestos en el campo en un diseño de bloques completos al azar, arreglados en parcelas divididas con cuatro repeticiones. Las parcelas principales fueron las enmiendas y las subparcelas las dosis de aplicación. Se utilizó el híbrido MD2 como material de siembra. Se registró el peso del sistema radicular a la floración y el rendimiento total de frutos a la cosecha en cada uno de los tratamientos.

Todo el experimento se fertilizó utilizando 643, 237, 757, 109, 175, 7.9, 9.9, 3.2 y 2.1 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, MgO, S, Zn, Mn, Fe y B, respectivamente. De estas cantidades, el 33, 100, 35, 53, 41, 86, 73 y 48 % del N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, MgO, S, Zn, Mn y B, respectivamente, se aplicaron al suelo hasta la octava semana. El resto fue aplicado cada 15 días en soluciones foliares hasta la inducción floral, que ocurrió en la semana 33. El manejo fitosanitario del experimento fue el mismo que utiliza la plantación comercial donde se ubicó el estudio.

### Resultados y discusión

#### Pruebas de incubación

Los resultados de la prueba de incubación presentados en la **Figura 1** muestran el efecto de las diferentes enmiendas estudiadas en el pH del suelo después de 30 días de incubación. No hubo cambios significativos en pH después de los 30 días. Como era de esperarse en este tipo de suelos, la calcita, la magnesita y la dolomita tuvieron un efecto marcado en el pH del suelo. Para alcanzar un valor de pH 5.5, suficiente para precipitar el Al en suelos tropicales de carga variable, se necesitaron 2.9, 4.4 y 5.9 t ha<sup>-1</sup> de magnesita, calcita y dolomita, respectivamente. Como era también de esperarse, por su naturaleza, el yeso no originó cambios en el pH del suelo (Van Raij, 2008).

Uno de los principales cambios químicos que se produjeron como consecuencia de las aplicaciones de las enmiendas fue el incremento de carga negativa en la superficie de los coloides. Este cambio se puede medir por medio de la diferencia entre el pH medido con 1N KCl y el pH medido con agua (  $pH = pH_{KCl} - pH_{H_2O}$  ). El signo y magnitud del pH corresponden al signo y magnitud de la carga superficial de los coloides (Nanzyo et al., 1993; Uehara, 1984; Uehara y Gillman, 1979). El efecto de las enmiendas estudiadas en el pH se presenta en la **Figura 2**. El incremento en carga superficial fue más evidente en los carbonatos que en el yeso. Sin embargo, en todos los casos, el incremento se observó solamente en la dosis más baja de las enmiendas (1.5 t ha<sup>-1</sup>). Esta condición estaría relacionada con la precipitación de la mayoría del Al lograda a pH alrededor de 5.5 con las dosis bajas de las enmiendas.

Otra forma de evaluar el efecto de las enmiendas en la carga superficial de los coloides es determinando la CIC del suelo. El método más popular para determinar la CIC

utiliza acetato de amonio ( $\text{NH}_4\text{OAc}$ ) 1M a pH 7.0. Existen también otros métodos que utilizan soluciones amortiguadas a pH 7.0 y 8.2. Estos métodos funcionan bien en suelos dominados por arcillas de carga permanente y determinan adecuadamente la CIC. Sin embargo, cuando se utilizan en suelos dominados por arcillas de carga variable los resultados no son aceptables. Si el pH del suelo dominado por arcillas de carga variable es menor que 7.0, el pH de la solución extractora amortiguada a pH 7.0 u 8.2 crea artificialmente carga adicional en la superficie de los coloides produciendo datos que no representan la real CIC del suelo en condiciones de campo (Uehara y Gillman, 1979).

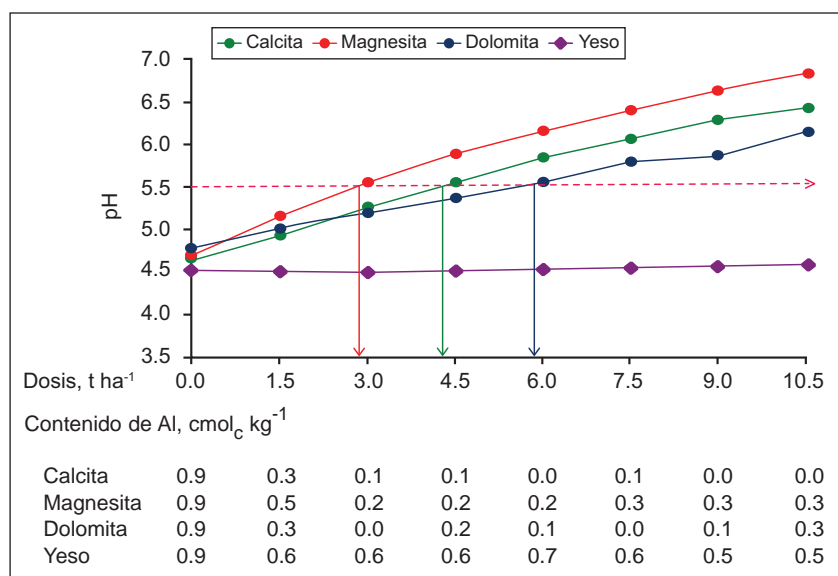


Figura 1. Curvas de neutralización de la acidez después del periodo de incubación.

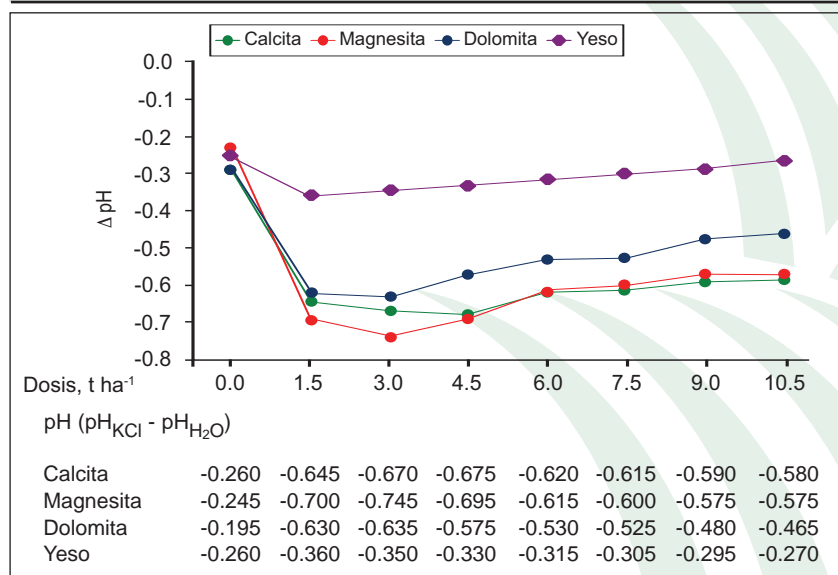


Figura 2. Variación del ΔpH en función de las dosis de enmiendas utilizadas.

Se han evaluado métodos diferentes para la determinación de la CIC en suelos de carga variable. Estos métodos miden la capacidad del suelo de adsorber cationes de una solución acuosa a un pH y fuerza iónica similares a aquellos que el suelo tiene en sus condiciones naturales en el campo. Uno de estos métodos satura el suelo con una solución no amortiguada (que no cambia el pH del medio) de un catión divalente como el Ba ( $\text{BaCl}_2$ ) (Uehara y Gillman, 1979). Estos métodos logran determinar la real CIC del suelo. En la **Tabla 2** se presenta una comparación entre la determinación de la CIC con acetato de amonio y con cloruro de bario en el suelo incubado con las diferentes enmiendas.

Como se observa en la **Tabla 2**, la determinación de la CIC con la sal indiferente ( $\text{BaCl}_2$ ) permite evaluar la real capacidad de retener cationes del suelo en estudio y permite observar claramente el

Tabla 2. Comparación de la determinación de la CIC con acetato de amonio y cloruro de bario en un Andisol de Ecuador incubado por 30 días con diferentes enmiendas.

Dosis	CIC con cloruro de bario				CIC con acetato de amonio			
	Calcita	Magnesita	Dolomita	Yeso	Calcita	Magnesita	Dolomita	Yeso
$\text{t ha}^{-1}$	$\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de suelo							
0.0	7.03	6.43	7.61	5.83	24.02	23.72	23.42	21.84
1.5	7.66	7.43	7.45	6.29	23.72	23.92	24.02	22.03
3.0	8.36	9.41	7.56	6.17	22.83	24.42	24.22	22.13
4.5	9.21	10.15	9.43	6.47	25.81	23.72	24.91	22.03
6.0	9.75	11.75	9.71	6.76	23.62	24.71	24.61	22.33
7.5	11.64	13.31	10.85	6.62	23.52	25.51	25.81	22.43
9.0	12.44	13.74	11.23	6.29	23.72	24.81	24.61	23.22
10.5	13.61	14.63	12.06	6.90	24.12	25.31	25.41	22.23



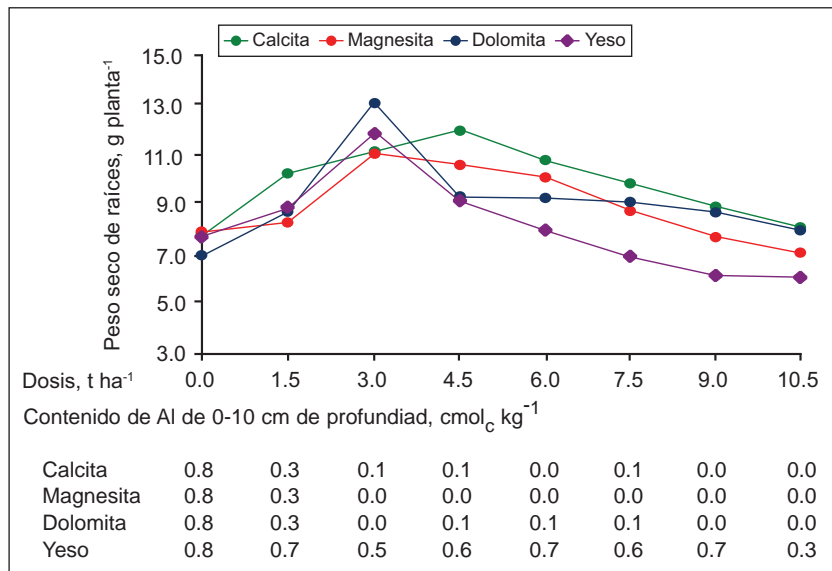


Figura 3. Efecto de la aplicación de enmiendas en el crecimiento radicular y el contenido de Al en el suelo.

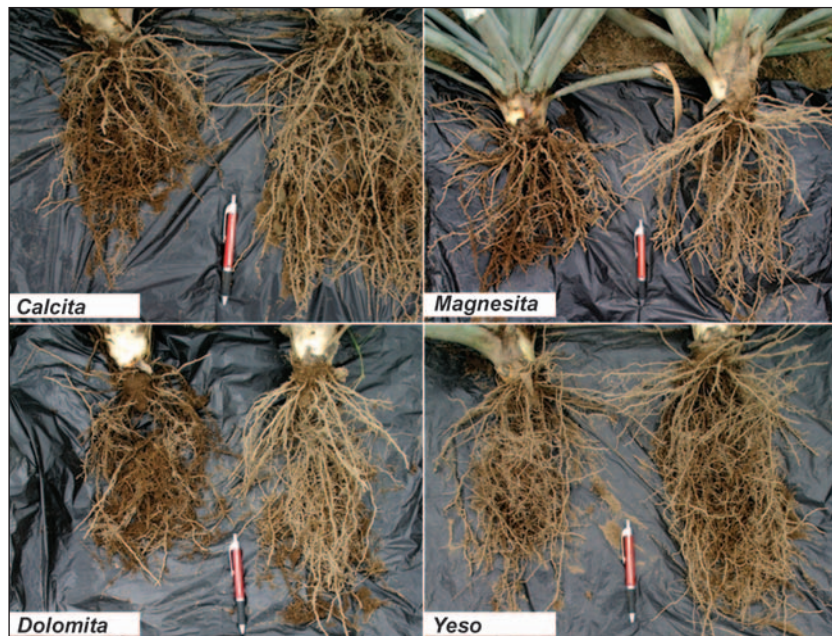


Foto 1. Efecto de la aplicación de enmiendas en el crecimiento radicular de la piña MD2 cultivada en un suelo ácido derivado de ceniza volcánica

## Experimento de campo

### Crecimiento radicular

En la **Figura 3** se presentan los datos de crecimiento radicular a la floración y los contenidos de  $Al^{3+}$  en el suelo, como efecto de la aplicación de las enmiendas. Se observa el efecto positivo de todas las enmiendas en las dosis de 1.5 y 3.0  $t\ ha^{-1}$  sobre el crecimiento de las raíces. Este comportamiento está directamente relacionado con la precipitación del  $Al^{3+}$  en el suelo por efecto de los carbonatos y por el acomplejamiento de  $Al^{3+}$  como sulfato del aluminio ( $SO_4Al^+$ ) con el yeso. La **Foto 1** ilustra bien este efecto. Luego de que se ha eliminado el  $Al^{3+}$  como factor limitante ya no se observa respuesta en crecimiento radicular a la aplicación de dosis más altas de enmiendas y más bien se observa una reducción del crecimiento, lo que sugiere otra condición limitante para las plantas luego de que el suelo alcanza valores de pH superiores a 5.5.

### Rendimiento

El efecto de las aplicaciones de las enmiendas en el rendimiento de fruta de piña MD2 se presenta en la **Figura 4**. Se observa que es suficiente aplicar dosis de 1.5  $t\ ha^{-1}$  para conseguir los rendimientos más altos. Nuevamente, el efecto de la aplicación de las enmiendas en el contenido de  $Al^{3+}$  en el suelo explica la respuesta. Una vez que el  $Al^{3+}$  se precipita o acompleja no son necesarias dosis más altas de enmiendas. Más aún, se observa que el rendimiento de fruta se reduce con la aplicación de dosis más altas de las enmiendas utilizadas. Esta reducción de rendimiento estuvo relacionada directamente con la presencia de *Phytophthora sp* en el cultivo, incidencia que es cada vez mayor a medida que se incrementan las dosis de las enmiendas (**Figura 5**). Esta es quizás la razón por la cual los productores de piña se resisten a la aplicación de enmiendas para mejorar el pH del suelo, considerando que un pH ácido es adecuado para el cultivo. Los datos de este estudio demuestran que en Andisoles tropicales la aplicación de enmiendas para eliminar el Al del suelo es una práctica adecuada y rentable. Sin embargo, es necesario evitar aplicar cantidades mayores de enmiendas que las necesarias para eliminar la presencia de  $Al^{3+}$  como factor limitante. Los datos de este estudio indican que dosis mayores de

efecto de los carbonatos en la generación de carga en la superficie de los coloides. El encalado de los suelos de carga variable no produce un cambio radical en pH y los iones  $OH^-$ , producto de la reacción de la cal, son adsorbidos por la superficie reactiva de los coloides creando carga negativa (Espinosa y Molina, 1999). De igual forma, se observa en la **Tabla 2** que la determinación de la CIC con acetato de amonio sobrestima la carga en la superficie de los coloides de este tipo de suelos y por esta razón pierde la sensibilidad para evaluar la generación de carga por los carbonatos. Uno de los beneficios del encalado en los suelos de carga variable es el incremento de la CIC que permite una mejor retención de cationes, factor importante en suelos sujetos a alta lixiviación como los suelos de la zona donde estuvo ubicado el estudio.

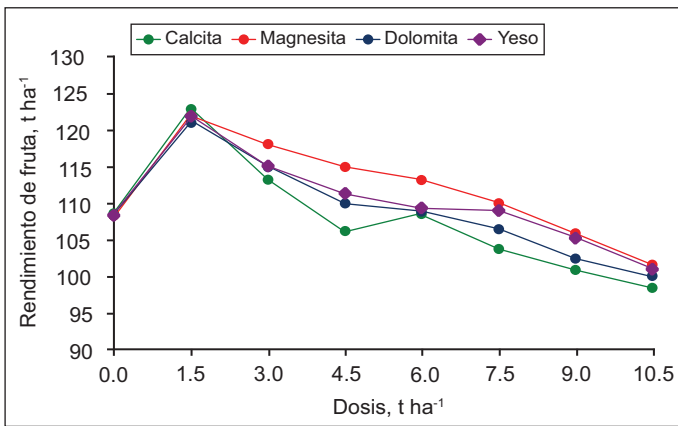


Figura 4. Efecto de la aplicación de enmiendas en el rendimiento de fruta de piña MD2.

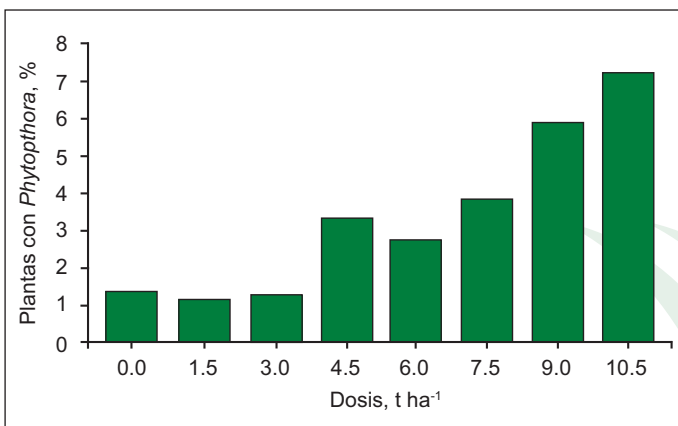


Figura 5. Efecto individual de las dosis de enmiendas, a través de las fuentes, en el porcentaje de infección con *Phytophthora sp* de piña MD2.



Foto 2. La aplicación de altas dosis de enmiendas promueve la presencia de *Phytophthora sp* en el cultivo de piña.

enmiendas a las necesarias predisponen a la planta a infecciones de *Phytophthora sp* que reducen significativamente el rendimiento (Foto 2).

Se conoce que los Andisoles tienen una alta capacidad tampón (resistencia al cambio de pH) que además varía según el tipo de ceniza y el manejo del suelo (Nanzyo et al., 1993; Sadzawka y Carrasco, 1985). Por esta razón, es difícil recomendar dosis generales de enmiendas para todos los sitios basándose solamente en el contenido de  $Al^{3+}$  en el suelo, como se hace en Ultisoles y Oxisoles. En el caso de los Andisoles es una buena práctica el conducir

una sencilla prueba de incubación, como la que se presenta en este estudio, para determinar las dosis de enmiendas necesarias para un sitio en particular.

### Conclusiones

El uso de enmiendas en Andisoles ácidos dedicados al cultivo de la piña permite mejorar el rendimiento de fruta. Esto se atribuye al hecho de que las enmiendas crean condiciones para un mejor crecimiento del sistema radicular al eliminar  $Al^{3+}$  como el principal factor limitante en suelos ácidos. Además, el uso de carbonatos en Andisoles de carga variable genera cargas negativas, lo que incrementa la CIC y la posibilidad de que los nutrientes aplicados sean utilizados por el cultivo de manera eficiente. Sin embargo, en el cultivo de piña, la aplicación de dosis de enmiendas mayores a las necesarias para precipitar o acomplejar el  $Al^{3+}$  crean una condición favorable para la multiplicación de *Phytophthora* que afecta significativamente el crecimiento y rendimiento de las plantas. Por esta razón, es crítico determinar la dosis exacta de enmiendas necesarias para precipitar o acomplejar el  $Al^{3+}$ , particularmente en los Andisoles cultivados con piña. Esto se logra con una simple prueba de incubación que permite determinar la cantidad de enmiendas necesarias para controlar la acidez de un sitio en particular.

### Bibliografía

Anónimo, 1996. El cultivo de la piña. Ministerio de Agricultura y Cría, Caracas, Venezuela.

Espinosa, J. y E. Molina. 1999. Acidez y encalado de los suelos. INPOFOS, Ecuador.

Jaramillo, V. 1990. El cultivo de la piña, pp. 48-52, Primer Congreso Nacional de Fruticultura. PROTECA, Ambato, Ecuador.

Nanzyo, M., R. Dahlgren, and S. Shoji. 1993. Chemical characteristics of volcanic ash soils, p. 145-187, In S. Shoji, et al., eds. Volcanic ash soils, Vol. 21. Elsevier Science Publishers, Amsterdam.

Sadzawka, R. y R. Carrasco. 1985. Química de los suelos volcánicos, pp. 337-431, In J. Tosso, ed. Suelos volcánicos de Chile, Primera ed. Instituto de investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile.

Uehara, G. 1984. Physico-chemical characteristics of andisols, pp. 39-52, In F. Beinroth, et al., (eds.) Sixth International Soil Classification Workshop, Vol. 1. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo.

Uehara, G. and G. Gillman. 1979. The mineralogy chemistry, and physics of tropical soils with variable charge clays. Westview Press, Boulder, Colorado, USA.

Uriza, D., A. Rebolledo, R. Zárate, J. Orona, J. Reyes y R. Mosquera. 1994. Manual de producción de piña para Veracruz y Oaxaca. INIFAP, Veracruz, México.

Van Raij, B. 2008. Gesso na agricultura. Instituto Agronomico de Campinas, Campinas, Brasil.\*