



MONITOREO DEL pH Y FÓSFORO SOLUBLE EN LA RIZOSFERA DE ARBOLES DE AGUACATE EN EL NORTE Y ORIENTE ANTIOQUEÑO

Sandra Serna, Beatriz Montoya y Walter Osorio(✉)

Universidad Nacional de
Colombia
Calle 59A No. 63-20
050034 Medellín
Colombia

✉:nwosorio@unal.edu.co

Palabras claves:

Persea americana
Rizosfera
Fertilidad del suelo
Fosfato

RESUMEN

En Colombia los cultivos de aguacate (Persea americana Mill.) usualmente se establecen en suelos ácidos y con baja disponibilidad de nutrientes, lo cual obliga a los productores a aplicar una alta cantidad de enmiendas (fertilizantes y cales). Lo anterior incrementa los costos de producción y si se hace sin un adecuado control de las dosis y un monitoreo del cambio en los parámetros del suelo puede crear desbalances nutricionales en las plantas cultivadas. El presente estudio se estableció con objetivo de monitorear el pH y la concentración de P en la solución del suelo rizosférico de árboles de aguacate cv. Hass en el Norte y Oriente de Antioquia, Colombia. Para tal fin se realizaron muestreos en diferentes huertos de aguacate de tres a cinco años de edad. En estos se tomaron muestras del suelo rizosférico de árboles que presentaban en apariencia un adecuado o deficiente desarrollo (pobre crecimiento, clorosis, síntomas de enfermedades). Los resultados indican que el pH del suelo fluctuó entre 5.0-7.0 y 3.9-7.1, respectivamente. De igual forma, el nivel de P disponible estuvo entre 0.01-1.78 y 0.02-1.13 mg L⁻¹. Este rango de fluctuación tan amplio en ambas variables indica la alta diversidad de dosis de cal y fertilizantes fosfóricos; en algunos casos estas dosis resultan insuficientes y en otros casos son excesivas. Sin embargo, no se halló una relación significativa entre el estado de la planta (buen vs. mal crecimiento) con los parámetros pH y P disponible.

MONITORING SOIL pH AND SOLUBLE P IN THE RHIZOSPHERE OF AVOCADO TREES AT THE NORTHERN AND EASTERN ANTIOQUIA

Keywords:

Persea americana
Rhizosphere
Soil fertility
Phosphate
Soil pH

SUELOS ECUATORIALES
42 (2): 186-190

ISSN 0562-5351

ABSTRACT

In Colombia, avocado (Persea americana Mill.) trees are usually cultivated in acidic and infertile soils, which force to farmers to apply lime and fertilizers. As a result of the lack of criteria for an appropriate soil management in this crop, it is common to observe the establishment of uncontrolled fertilization programs characterized for recurrent high rates of soluble fertilizer and lime. In addition to the increase in production costs, this may produce imbalance on plant nutrition, slow plant development, and susceptibility to plant pathogens. For this reason, it is necessary to observe the changes in soil fertility status of intensive crops. The objective of this study was to monitor soil pH and soluble P in the rhizosphere of avocado trees at the Northern and Eastern Antioquia, Colombia. With this purpose, rhizosphere samples were collected from 3-5 year old orchards of avocado cv. Hass with adequate and improper performance (poor development, chlorotic, unhealthy). Soil pH ranged from 5.0 to 7.0 and from 3.9 to 7.1, respectively. Similarly, soluble P fluctuated from 0.01 to 1.78 and 0.02 to 1.13 mg L⁻¹, respectively. These results indicated that in some cases the rates of lime and fertilizers are insufficient, while in other cases these are excessive. The results are discussed in terms of induced nutritional disorders (micronutrient deficiency) and biological imbalance with rhizosphere microorganisms, particularly arbuscular mycorrhizal fungi.

Recibido: Agosto 2011
Revisado: Julio 2012
Aceptado: Octubre 2012

INTRODUCCIÓN

En Colombia el aguacate es un cultivo que en años recientes ha despertado un gran interés, el Ministerio de Agricultura ha propuesto aumentar el área cultivada desde 16220 ha registradas en el año 2010 a 29600 ha en el año 2020 (FAO, 2006; MADR, 2007). Así mismo, se planea incrementar el rendimiento medio anual de 11.2 t ha⁻¹ a 13.54 t ha⁻¹. Lo anterior representa un incremento del 45% en área y del 17% en el rendimiento (MADR, 2007). Si bien todo lo que produce el país se consume internamente, se espera con el tiempo exportar a mercado Europeo y Norteamericano, pero la fruta y el proceso de producción deben satisfacer estándares internacionales de Buenas Prácticas Agrícolas y Certificación de Calidad (ASOHOFRUCOL-FNFH, 2005; FONTAGRO, 2006). Buena parte del éxito en la producción de esta especie se apoya en un adecuado manejo de la fertilidad del suelo (Osorio, 2012). Desafortunadamente, se ha investigado muy poco sobre este tema y aún no hay una clara certeza sobre los niveles de fertilizantes y enmiendas que se deben aplicar al cultivo en las diferentes condiciones de suelo existentes (Bernal y Díaz, 2006).

En Antioquia se han establecido huertos en aguacate grandes extensiones de las subregiones del Norte y el Oriente Antioqueño (INFOAGRO, 2006). En general, estos suelos se han formado a partir de cenizas volcánicas o sobre materiales del batolito antioqueño en regímenes de alta pluviosidad y de baja temperatura, con un intenso lavado de bases intercambiables y con una baja tasa de descomposición de la materia orgánica (IGAC, 1988). En consecuencia, la fertilidad natural de estos suelos es muy baja, se caracterizan por una extremadamente acidez (pH < 5.0), altos niveles de aluminio intercambiable (> 1 cmol_c kg⁻¹), y baja disponibilidad de nutrientes, particularmente nitrógeno, fósforo (P), calcio, magnesio y boro (Zapata, 1998). Dado su origen, la fracción coloidal está compuesta por alófana, caolinita, gibista, goetita y complejo húmicos-alofánicos, lo cual favorece la alta fijación de P (Fox y Kamprath, 1970; Juo y Fox, 1977; Havlin et al., 1999). En consecuencia, este elemento se encuentra en muy baja concentración en la solución del suelo (0.001-0.02 mg L⁻¹) y el nivel extraído con el método de Bray-II es comúnmente muy bajo (< 10 mg kg⁻¹) (Osorio, 2012).

Para corregir la extrema acidez del suelo y la baja disponibilidad de P se aplican cal y fertilizantes fosfóricos solubles. Pero debido a la falta de criterios claros sobre como fertilizar estos cultivos los agricultores resultan aplicando cantidades deficientes o, en muchos casos, excesivas de estos materiales. Estas aplicaciones se han vuelto recurrentes y la falta de monitoreo en la condiciones del suelo ha ocasionado que en los suelos se generen desbalances nutricionales, tanto por defecto como por exceso. Como es de esperarse, esto ha generado inconsistencia en los rendimientos ya que con frecuencia las plantas pueden tener desbalances nutricionales,

caracterizados por bajo crecimiento, clorosis, retraso en la floración, excesiva caída de flores y frutos.

El objetivo de este trabajo fue monitorear el pH y la concentración de P en la solución del suelo rizosférico de arboles de aguacate (*Persea americana* Mill. cv. Hass en la región del Norte y Oriente Antioqueño.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitios de muestreo

Los muestreos de suelos se realizaron en árboles de huertos productivos de aguacate de la variedad "Hass" ubicadas en las regiones del Norte y Oriente Antioqueño (Colombia). En cada lote se seleccionaron al azar árboles de buen desempeño (sanos y vigorosos) y otros con reducido crecimiento (pequeños, cloróticos y en algunos casos enfermos). De cada árbol se tomaron de cuatro sitios un total de 200 g de suelo rizosférico a una profundidad de 0-10 cm. Las muestras se empacaron en bolsas de plástico posteriormente se transportaron al Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

Medición de pH y P soluble del suelo

Para la medición del pH de cada una de las muestras se transfirieron 10 g de suelo (base seca) a tubos plásticos de centrífuga de 50 cm³ de capacidad, luego se adicionaron 20 cm³ de agua destilada y la suspensión se agitó con varillas de vidrio durante 1 minuto. Luego de 30 min de reposo se midió el pH en el sobrenadante con un electrodo selectivo.

Para la determinación de P soluble del suelo de cada muestra se tomaron 3 g (base seca) y se transfirieron a tubos de centrífuga. Luego se adicionó 30 cm³ de CaCl₂ 0.01 M y dos gotas de tolueno para inhibir la actividad microbiana. Los tubos se agitaban horizontalmente en un agitador recíproco durante 1 hora. Posteriormente, los tubos se centrifugaron a 5000 rpm (2500 x g) por 15 min y el sobrenadante se paso a través de un papel filtro Whatman No. 1. La concentración de P fue determinada a través del método del azul de molibdato (Murphy y Riley, 1962) con un espectrofotómetro Genesys-20 a una longitud de onda de 890 nm.

Manejo de estadístico de los datos

Los datos fueron sometidos a análisis descriptivos, correlación y se organizaron en histogramas de frecuencia. Para lo anterior se utilizó el paquete estadístico Statgraphics- Centurion versión XV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

pH del suelo

Para la zona del Norte y Oriente Antioqueño se encontró que el pH del suelo rizosférico fluctuó entre 5.0-7.0 y 3.9-7.1, respectivamente (Figura 1).

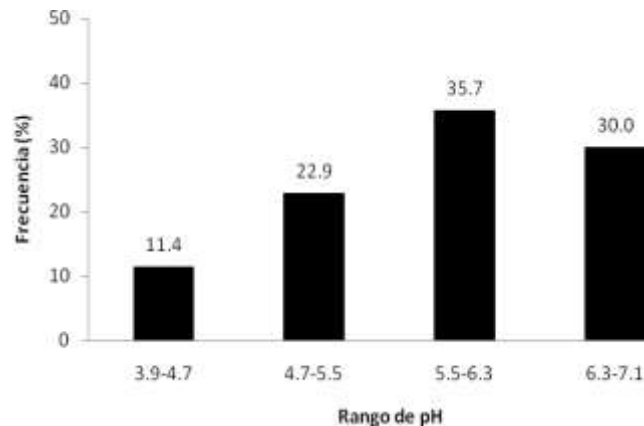


Figura 1. Histograma de frecuencia del pH en la solución del suelo de la rizosfera de huertos de aguacate del Norte y Oriente de Antioquia.

Estas fluctuaciones tan grandes del pH se deben a la variación en el manejo del suelo con cales, particularmente cal agrícola (CaCO_3). Las dosis aplicadas son muy variables, pero se reportan adiciones que van desde 1 hasta 10 kg de cal por árbol. Se ha reportado que el rango de pH del suelo adecuado para las plantas de aguacate es de 5.5-6.5 (Bernal y Díaz, 2006), pero ciertamente se pueden encontrar huertos sanos y productivos a pH 5.5-6.0, por lo que este rango de pH puede ser deseable en el manejo de estos suelos (Barber, 1995).

A pesar de lo anterior, nótese que una buena proporción de los suelos muestreados aún presentan valores de pH muy bajos y que se clasifican en la categoría de extremadamente y fuertemente ácidos (34.3%). Estos valores siguen un uso insuficiente de cal y una condición marginal para el cultivo. A tales valores se pueden encontrar Al intercambiable y en la solución del suelo que pueden afectar a la planta y los microorganismos asociados a ella (Zapata, 1998). En contraste, hay un 35.7% de suelos que están en un rango más adecuado (5.5-6.3), mientras que 30% de los suelos tienen pH >6.3. Se ha encontrado en suelos del oriente Antioqueño, comparables a los usados en este estudio, que cuando el pH del suelo está por encima de 6.2 la disponibilidad de algunos elementos menores (Fe, Mn, Cu y Zn) disminuye notoriamente (Barber, 1995; Osorio 1997). Este problema es más grave cuando el suelo alcanza la neutralidad (pH ~7). Esto puede explicar la cada vez más frecuente presencia de síntomas visuales de deficiencia de elementos menores en huertos comerciales de aguacate.

P soluble

La concentración de P soluble en la rizosfera estuvo entre 0.01-1.78 y 0.02-1.13 mg L^{-1} , respectivamente (Figura 2). Estas concentraciones son muy variables, y en el caso de los valores altos sugiere una excesiva fertilización fosfórica. Para muchas especies se recomienda que una adecuada concentración de P en la solución del suelo está alrededor de 0.2 mg L^{-1} (Hue y Fox, 2010). Este valor puede permitir interpretar que una buena parte de los suelos muestreados (51%) tiene concentraciones dentro de un rango bajo a adecuado (0.1-0.25 mg L^{-1}), o al menos manejable con adición de fertilizantes. Sin embargo, una proporción alta (47.2%) exhibe una concentración de P soluble en el suelo excesivamente alta (0.25-1.69 mg L^{-1}). Esto pone en evidencia la falta de control de la fertilización fosfórica de muchos de los agricultores y representa un sobrecosto innecesario para la producción.

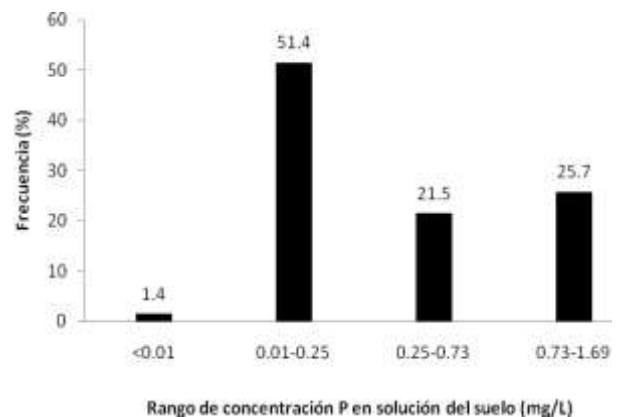


Figura 2. Histograma de frecuencia de la concentración de P soluble en la rizosfera de huertos de aguacate del Norte y Oriente de Antioquia.

Estos niveles tan altos de P son riesgosos porque pueden reducir la disponibilidad de algunos elementos para las plantas (Fe, Mn, Cu, Zn) y, adicionalmente, se aumentan los riesgos de generar contaminación de aguas (Barber, 1995; Havlin et al., 1999).

Adicionalmente, esta condición excesiva de P disponible puede crear condiciones desfavorables para la planta si la asociación micorrizal se ha formado en la raíz, tal como se ha observado en estos huertos (datos no mostrados). Varios autores han reportado que la inoculación micorrizal en aguacate y en otras plantas produce beneficios en el crecimiento de las plantas cuando hay baja concentración de P soluble (Habte y Manjunath, 1987; Bolan, 1992; Allen, 1996; Brudett et al., 1996; Smith y Read, 1997; Miyasaka y Habte, 2001; Habte y Osorio, 2001; Silveira et al., 2003). Sin embargo, cuando el suelo presenta una alta concentración de P soluble ($\geq 0.2 \text{ mg L}^{-1}$) la inoculación micorrizal genera un efecto negativo (Montoya y Osorio, 2009). Estos efectos favorables de la asociación micorrizal a bajas concentraciones de P y

desfavorables a altas concentraciones se han reportado para otras especies tales como café, tomate de árbol, uchuva, granadilla, entre otras (González y Osorio, 2008; Jaramillo y Osorio, 2009).

El manejo integral de la fertilidad del suelo y la nutrición vegetal de cultivos intensivos debe ir acompañado de un monitoreo en la calidad del suelo. Esto puede permitir moderar la cantidad de cales y fertilizantes que se aplican, con la concomitante disminución de costos y el mantenimiento de los balances nutricionales de la planta. Adicionalmente a un esperado mejor desempeño nutricional vegetal se puede esperar con el desarrollo de interacciones favorables con microorganismos rizosféricos benéficos tales como hongos micorrizales, microorganismos solubilizadores de fosfato, bacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGPR) y presumiblemente reducir el impacto negativo de fitopatógenos (Sreenivasa y Krishnaraj, 1992; Omar, 1998; Bashan y Holguín, 1998, Barea et al., 2005a, b; Osorio y Habte, 2009; Osorio, 2011).

CONCLUSIONES

Se han detectado en la rizosfera de huertos de aguacate niveles de pH y P soluble muy variables, lo cual refleja que en muchos casos hay aplicaciones de cales y fertilizantes fosfóricos inadecuadas, tanto por defecto o por exceso. Con frecuencia los niveles de pH y P soluble (30 y 47 %, respectivamente) son muy altos. Esto podría generar desbalances nutricionales y/o biológicos que desfavorecerían el desempeño de las plantas cultivadas de aguacate.

Agradecimientos. Este trabajo se realizó con el apoyo financiero de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad Nacional de Colombia en el marco de las actividades del Grupo de Investigación en Microbiología del Suelo. Proyecto: “Desarrollo de estrategias biotecnológicas para incrementar el crecimiento, productividad y calidad del cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill) en Antioquia”.

REFERENCIAS

ALLEN M (1996) The ecology of arbuscular mycorrhizas: a look back into the 20 th century and a peek into the 21st. *Mycol Res* 100: 769-782.

ASOHOFrucOL-FNFH. 2005. Convocatoria para el proyecto “Programa de desarrollo de proveedores: Implementación y certificación de buenas prácticas agrícolas en fincas productoras de frutales de clima frío exportables en el Departamento de Cundinamarca”. Bogotá.

BARBER S (1995) Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach. Wiley Interscience, New York, 398 p.

BAREA JM, AZCÓN R, AZCÓN-AGUILAR C (2005a) Interaction between mycorrhizal fungi and bacteria to improve plant nutrient cycling and soil structure, pp. 195-212. *In*: BUSTOT F, VARMA S (eds) *Microorganisms in soil: roles in genesis and function*. Springer-Verlag, Heidelberg.

BAREA JM, WERNER D, AZCÓN-AGUILAR C, AZCÓN R (2005b). Interaction of arbuscular mycorrhiza and nitrogen

fixing symbiosis in sustainable agriculture. *In*: WERNER D, NEWTON WE (eds) *Agriculture forestry, ecology and the environment*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.

BASHAN Y, HOLGUIN G (1998) Proposal for the division of plant growth promoting rhizobacteria into two classifications: biocontrol – PGPB (plant growth promoting bacteria) and PGPB. *Soil Biol Biochem* 30: 1225-1228.

BERNAL J, DÍAZ C (2006) Tecnología para el cultivo del aguacate (Manual Técnico 5). CORPOICA. Rionegro, 241 p

BOLAN N (1991) A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. *Plant Soil* 134:189-293.

BRUNETT M, BOUGHER N, DELL B, GROVE T, MALAJCZUK N (1996) Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture. Australian Centre for International Agricultural Research. Monograph 32, 374 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas por la Agricultura y la Alimentación). Departamento Económico y Social. Dirección Estadística. Documento en Línea, disponible en: <http://www.fao.org/es/ess/topproduction.html?ang=es> consultado el 21 de febrero de 2007.

FONTAGRO (2006) Métodos no destructivos y marcadores moleculares para la determinación de fechas apropiadas de cosecha de cinco variedades de aguacate. Proyecto. FTG – 24/01.

FOX R, KAMPRATH E (1970) Phosphate sorption isotherms for evaluating the phosphate requirements of soils. *Soil Sci Soc Am Proc* 34:902-907.

GONZALEZ OA, OSORIO NW (2008) Determinación de la dependencia micorrizal del lulo. *Acta Biol Colomb* 13(2): 63-174.

HABTE M, MANJUNATH A (1987) Soil solution phosphorus status and mycorrhizal dependency in *Leucaena leucocephala*. *Appl Environ Microbiol* 53:797-801.

HABTE M, OSORIO NW (2001) Arbuscular Mycorrhizas: Producing and applying Arbuscular Mycorrhizal Inoculum. University of Hawaii, Honolulu, 47 p.

HAVLIN J, BEATON J, TISDALE SL, NELSON W (1999) Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.

HUE NV, FOX R (2010) Predicting plant phosphorus requirements for Hawaii soils using a combination of phosphorus sorption isotherms and chemical extraction methods. *Commun Soil Sci Plant Anal* 41:133–143.

INFOAGRO (2006) El cultivo del aguacate. Documento en línea. disponible en <http://www.infoagro.cons/frutas/frutas.tropicales/aguacate.htm>. (Acceso: 26 de septiembre de 2007).

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (1988) Suelos y bosques de Colombia. IGAC. Subdirección Agrológica. Bogotá, 127 p.

JARAMILLO S, OSORIO NW (2009) Mycorrhizal dependency of coffee seedlings at three levels of soil solution phosphorus. *Suelos Ecuat* 39:143-147.

JUO ASR, FOX RL (1977) Phosphate sorption characteristics of some bench-mark soils of West Africa. *Soil Sci* 124:370-376.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL (MADR) (2007) Apuesta exportadora de gobierno. <http://www.minagricultura.gov.co>.

MIYASAKA S, HABTE M (2001) Plant mechanisms and mycorrhizal symbioses to increase phosphorus uptake efficiency. *Commun Soil Sci Plant Anal* 32:1101-1147.

- MONTOYA B, OSORIO NW (2009) Mycorrhizal dependency of avocado at different levels of soil solution phosphorus. *Suelos Ecuat* 39(1):100-106.
- MURPHY J, RILEY JP (1962) A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal Chim Acta* 27:31-36.
- OMAR SA (1998) The role of rock-phosphate-solubilizing fungi and vesicular-arbuscular-mycorrhiza (VAM) in growth of wheat plants fertilized with rock phosphate. *World J Microbiol Biotechnol* 14:211-218.
- OSORIO NW (1997) Evolución en el tiempo de características químicas de Andisoles cultivados con crisantemo (*Dedranthema grandiflora*) en el oriente antioqueño. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- OSORIO NW, HABTE M (2009) Strategies for utilizing arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate-solubilizing microorganisms for enhanced phosphate uptake and growth of plants in the soils of the tropics, pp 325-351. *In: Khan MS (ed) Microbial strategies for crop improvement*, Springer-Verlag, Berlin.
- OSORIO NW (2011) Effectiveness of phosphate solubilizing microorganism in increasing plant phosphate uptake and growth in tropical soils, pp. 65-80. *In: MAHESHWARI DK (ed) Bacteria in Agrobiolgy: Plant Nutrient management*. Springer-Verlag, Berlin.
- OSORIO NW (2012) Manejo de Nutrientes en Suelos del Trópico. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- SILVIEIRA SV, SOUSA PVD, KOLLER OC, SCHWARZ SF (2003) Elementos minerales y carbohidratos en plantones de aguacate "Carmen" inoculados con micorrizas arbusculares. *Proc V World Avocado Congress*, 415- 420 p.
- SMITH S, READ D (1997) *Mycorrhizal Symbiosis*, 2ª Ed. Academic Press, London, 605 p.
- SREENIVASA M, KRISHNARAJ M (1992) Synergistic interaction between VA mycorrhizal fungi and a phosphate solubilizing bacterium in chili. *Zentralbl Mikrobiol* 147:126-130.
- ZAPATA R (1998) *La acidez del suelo*. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.