

Efecto de los diferentes sistemas agroforestales sobre los indicadores de la acidez de un suelo ferralítico rojo amarillento lixiviado de la localidad de Topes de Collantes

Several agroforestry system effectt about acid indicators in ferralitic red yellowing lixiviated soil in Topes de Collantes

Alfredo Reyes Hernández (1); Pedro I. Cairo Cairo (2); Joaquín Machado de Armas (2); Onelio Fundora Herrera (2); Cristobal Ríos Albuerno (2); Ana Belkis Manes Suárez (1); Juan Almaguer López (1), Juan E. Quesada Iznaga (1) y Yainel Rodríguez Pérez (3)

(1) Facultad Agropecuaria de Montaña del Escambray, Centro Universitario de Sancti Spíritus.

(2) Centro de Investigaciones Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Villa Clara.

(3) Empresa Municipal Agropecuaria Fomento, Sancti Spíritus.

E-mail:

RESUMEN. Se muestran los resultados de los análisis químicos realizados a un suelo ferralítico rojo amarillento lixiviado, ubicado en la localidad de Topes de Collantes, municipio de Trinidad, provincia de Sancti Spiritus. Se tomaron muestras de suelo a las profundidades de 0-10, 10-20 y 20-40 cm en tres áreas dedicadas a la producción de café asociadas a los árboles de sombra pino, albizia y guamo, un área dedicada a cultivos en hileras sin sombra y un bosque pluvisilva de montaña, con dimensiones aproximadas y pendientes similares. Todas pertenecientes a la Cooperativa de Créditos y Servicios Lucas Castellanos. Los resultados muestran que las áreas dedicadas a la producción de café bajo los árboles de sombra pino y albizia, así como la dedicada a cultivos en hileras sin sombra presentan los valores más altos de acidez hidrolítica y acidez de cambio, con cierta tendencia a mejorar estos indicadores de la degradación del suelo en el área de café asociada al árbol de sombra guamo si se compara con los sistemas de producción antes mencionados y con el bosque pluvisilva. Se muestra una relación negativa entre la acidez de cambio y el pH en KCl, y entre la acidez hidrolítica y el contenido de fósforo asimilable, con valores R^2 de 0,82** y 0,65**, respectivamente.

Palabras clave: Acidez del suelo, cafeto, suelo.

ABSTRACT. The results of the chemical analyses are shown carried out to a floor leached yellowish red ferralitic, located in the town of Topes de Collantes, municipality Trinidad, county Sancti Spiritus. They took samples of soils to the depths of 0-10, 10-20 and 20-40 cm in three areas dedicated to the production of coffee associated to the trees of shade Pine, Albizia and Guamo, an area dedicated to cultivation in arrays without shade and a forest mountain pluvisilva, with approximate dimensions and similar slopes. All belonging to the Cooperative of Credits and Services Lucas Castellanos. The results show that the areas dedicated to the production of coffee under the trees of shade Pine and Albizia, as well as the one dedicated to cultivation in arrays without shade presents the highest values in acidity hidrolitica and acidity of change, with certain tendency to improve these indicators of the degradation of the soil in the area of coffee associated to the shade tree Guamo if it is compared before with the production systems mentioned and with the forest pluvisilva. A negative relationship is shown between the acidity of change and the pH in KCl, and between the acidity hidrolitica and the content of assimilable phosphorus, with values R^2 0,82 ** and 0,65 **, respectively.

Key words: Coffee, Soil acidity, Soil.

INTRODUCCIÓN

Una de las problemáticas relacionadas con la fertilidad de los suelos a nivel mundial es la acidificación. En este sentido se han pronunciado Pagel (1973) y Pedroso (1984), los que plantean

que el H^+ y Al^{+3} son predominantes en los suelos muy ácidos con $pH < 4$ y que se reporta un fuerte aumento del aluminio cambiante hasta niveles considerados tóxicos a pH por debajo de 5,2 en agua. También De Rojas (2002) expresa que la acidificación afecta sobre todo la absorción y

traslocación del calcio por la planta, causa mal desarrollo de las raíces, y la reducción de la absorción de agua y nutrimentos, disminuyendo así su parte aérea.

Jaramillo (2002) considera que en los suelos ácidos, predominan las formas de aluminio intercambiable (Al^{3+}) y la disponibilidad de fósforo puede ser muy baja debido a que frecuentemente hay una alta fijación de este elemento que lo lleva a formar compuestos completamente insolubles. También, las pendientes pronunciadas en áreas dedicadas al cultivo del café pueden contribuir al incremento de la degradación del suelo.

En Venezuela, la mayoría de los suelos ácidos son pobres en nutrimentos, especialmente en calcio, magnesio y fósforo, etc.; lo que imposibilita, según De Rojas y Comerma (2004), generalizar prácticas agronómicas tendientes a mejorar su potencialidad para uso agrícola y pecuario. Estos autores definen el nivel de pH 5,5 como límite general por debajo del cual se presentan contenidos de aluminio intercambiable y saturación del complejo de intercambio con este elemento en niveles superiores a 0,8 y 20 %, respectivamente, los cuales serían tóxicos para cultivos sensibles, asociando esto a bajo contenido de calcio y saturación con bases. Esta asociación del aluminio en suelos fuertemente ácidos, lo confirman Gines y Mariscal (2004), que explicaron que la acidificación es una consecuencia de la reacción del aluminio con el agua, liberando hidrogeniones ($\text{Al}^{+3} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})^{+2} + \text{H}^+$).

Por lo antes expuesto, el objetivo central de esta investigación es estudiar el comportamiento de los indicadores de la acidez de un suelo ferralítico rojo amarillento lixiviado y comprobar la relación que existe entre estos y algunos indicadores químicos ya estudiados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Evaluaciones realizadas en la investigación

Para llevar a cabo la investigación se tomó un suelo ferralítico rojo lixiviado de montaña de la localidad de Topes de Collantes perteneciente a la CCS Lucas Castellanos, dedicado al cultivo del café por

más de 27 años. Se tomaron muestras de suelo a las profundidades de 0-10, 10-20, 20-40 cm para estudiar el efecto de los distintos sistemas de producción sobre los indicadores de la acidez del suelo.

Los análisis de la acidez hidrolítica (Y_1), acidez de cambio (Y_2) y aluminio cambiante efectuados a las muestras se realizaron en el Laboratorio de Suelos del CIAP en la UCLV, municipio de Santa Clara, provincia de Villa Clara, según NRAG 279 (1980). Los resultados fueron sometidos a procesamiento estadístico con el paquete StatGraphics PLUS 4.1.

Características de las áreas en estudio

- Bosque pluvisilva de montaña: (8,40 ha)

Se caracteriza por ser un bosque siempre verde (o de montaña) condicionado por el clima subecuatorial húmedo montano algo fresco, con tendencia a una reducción del tamaño de los estratos arbóreos debido a la altitud. Las especies más representativas son:

Primer subestrato arbóreo:

Marañón de sierra alta (*Magnolia cubensis*); Aceitunillo, (*Beilschmiedia pendula*); Purio de fangal, (*Guatteria blainini*); leviza (*Licaria triandra*); Jubilla (*Dipholis jubilla*); balsa (*Ochroma pyramidalis*); laurel (*Ocotea wrightii*); aguacatillo (*Alchornea latifolia*); júcaro amarillo (*Buchenavia capitata*); macurije (*Matayba domingensis*) y purio (*Oxadra laurifolia*).

Segundo subestrato arbóreo:

Azulejo (*Magnolia cacuminicala*); canelón (*Ocotea cuneata*); roble macho (*Tabebuia hypoleuca*); cuaba de la maestra (*Amyris linearis*); copey vera (*Cleyera albopuntata*); camaguilla (*Rapanea ferruginea*) y marañón de sierra baja (*Taouma minor*).

- Cultivos en hileras sin sombra: (aprox. 4 ha)

Establecida desde hace 10 años con la técnica del despale, acordonamiento e incorporación de restos de cosecha (Tumba para la obtención de yuca (*Manihot utilissima*, Pohl) y boniato (*Ipomea batata*,

Lam); etc. Con la aplicación del fertilizante (potásico) y el establecimiento de medidas de conservación de suelo (cultivo en fajas, barreras vivas *Citronela* sp); lo que ha conducido a disminuir el deterioro de las propiedades del suelo relacionadas con los rendimientos de los cultivos establecidos, permitiendo obtener una cosecha anual de estos cultivos.

- Sistema agroforestal pino (*Pinus caribaea*, Morolet) más caféto (6,71 ha)

Un marco de plantación de 2 x 1 (m), con un número de plantas de 19 427 en su totalidad, la variedad presente en dicha área es Catuay, tiempo de explotación 19 años. Los rendimientos en los años 2002, 2003 y 2004 fueron en el orden de las 0,37; 0,24 y 0,36 t.ha⁻¹ de café oro, respectivamente. No presenta cobertura del suelo abundante, dado en lo fundamental por el exceso de acículas de pino que no permiten el desarrollo de coberturas nobles que favorezcan la protección del suelo.

- Sistema agroforestal albizia (*Albizia falcataria* (L.) Fosberg) más caféto (5,09 ha)

Con un marco de plantación de 2 x 1 (m), con un total de 14 787 plantas con mezcla de las variedades de Catuay rojo y amarillo. Tiempo de explotación 16 años. Los rendimientos en los años 2002, 2003 y 2004 fueron en el orden de las 0,33; 0,23 y 0,32 ton.ha⁻¹ de café oro, respectivamente. Maleza encontrada, Cortadera (*Scleria melaleouca*. Sch y Cham).

- Sistema agroforestal guamo (*Inga vera*, Wild) más caféto (7,38 ha)

Con un marco de plantación de 2 x 1 (m), con 21 369 plantas, con la variedad de café Caturra amarillo y Caturra rojo. Tiempo de explotación 16 años. Los rendimientos en los años 2002, 2003 y 2004 fueron en el orden de las 0,40; 0,44 y 0,50 t.ha⁻¹ de café oro, respectivamente. Malezas encontradas: Malva de cochino (*Sida rhombifolia*), cordobán (*Rhoe discolor*; L.), cortadera (*Scleria melaleouca*. Sch. y Cham) y rabo de gato (*Acalipha alopecuroides*, Jacq). Además de que prevalecen como muy abundantes las hojarascas del árbol de sombra en cuestión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 1 muestra que la acidez hidrolítica es muy alta, según Mesa y otros (1984), excepto en el área de bosque (alta). La acidez de cambio más elevada se encuentra en el área dedicada a cultivos en hileras sin sombra, con un valor de 2,78 cmol(+).kg⁻¹. Esto pudiera estar relacionado con lo expuesto por Brul y otros (1996) acerca de que los sistemas convencionales de agricultura pueden causar un impacto negativo sobre la fertilidad de los suelos, al provocar la degradación de los mismos por erosión y lo expresado por Do Prado y Da Veiga (2004) sobre la afectación que esta puede ocasionar sobre la fertilidad y, por ende, la producción de los cultivos. Los sistemas agroforestales, conjuntamente con el área dedicada a cultivos en hileras sin sombra, presentan bajas cantidades de aluminio cambiante, pero con diferencias significativas.

Tabla 1. Estado de la acidez del suelo y contenido de aluminio de las parcelas en estudio (Profundidad: 0-10 cm)

Tratamientos	Acidez hidrolítica	Acidez de cambio	Aluminio cambiante
	(cmol(+).kg ⁻¹)		
Bosque pluvisilva	3,86 ^e	0,17 ^d	0,26 ^b
Cultivos en hileras	7,42 ^a	2,78 ^a	0,27 ^{ab}
Pino más caféto	5,75 ^c	1,54 ^b	0,28 ^a
Albizia más caféto	5,96 ^b	1,52 ^b	0,28 ^a
Guamo más caféto	4,11 ^d	1,43 ^c	0,26 ^b
Es ± x	0,043*	0,05*	0,003*
CV %	0,16	0,69	1,91

(a, b, c, d, e) medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Duncan a p < 0,05.

La acidez hidrolítica disminuye con la profundidad en todas las variantes estudiadas, pero sigue siendo evaluada de muy alta para las áreas dedicadas a cultivos en hileras sin sombra, suelo bajo árboles de sombra albizia y pino, con valores de 6,86; 5,36 y 5,20 $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ respectivamente, lo que aumenta considerablemente la acidez de cambio tanto para el área de cultivos en hileras sin sombra como para el cafetal bajo pino. El aluminio cambiante se cataloga como bajo en todos los casos (tabla 2).

En los sistemas de producción de cultivos que muestran los valores más elevados de acidez pudiera

estar ocurriendo, según Hipólito (2000), la acidificación, que el mismo define como un proceso mediante el cual se incrementa la concentración de hidrogeniones en el sistema, dando como resultado una disminución del pH, que pudiera estar relacionada con la formación de suelos ácidos que según Jaramillo (2002) ocurre cuando existen condiciones climáticas en las cuales se presente un exceso permanente de precipitaciones sobre la evapotranspiración potencial, que en pendientes pronunciadas como las estudiadas puede originar pérdidas de las bases cambiables, favoreciendo la acumulación de cationes de carácter ácido.

Tabla 2. Estado de la acidez del suelo y contenido de aluminio de las parcelas en estudio (Profundidad: 10-20 cm)

Tratamientos	Acidez hidrolítica	Acidez de cambio	Aluminio cambiante
	$(\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1})$		
Bosque pluvisilva	2,84 ^e	0,15 ^e	0,24 ^c
Cultivos en hileras	6,86 ^a	3,14 ^a	0,28 ^a
Pino más cafeto	5,20 ^c	3,02 ^b	0,27 ^{ab}
Albizia más cafeto	5,36 ^b	1,55 ^c	0,27 ^{ab}
Guamo más cafeto	3,71 ^d	1,39 ^d	0,26 ^b
Es \pm x	0,002*	0,004*	0,03*
CV %	0,97	0,38	2,39

(a, b, c, d, e) medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Duncan a $p < 0,05$.

En la tabla 3 se aprecia que la acidez hidrolítica aumenta con la profundidad, de 5,20 a 5,36 $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ para el suelo bajo el árbol de sombra pino y sucede de forma similar en el área dedicada a la producción de café bajo albizia, catalogadas de muy altas, excepto en el área bajo el árbol de sombra guamo y el bosque pluvisilva, donde se evalúan como altas. La acidez de cambio aumenta de forma considerable en el área dedicada a cultivos en hileras sin sombra al pasar de 3,14 a 3,73 $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$. El aluminio cambiante se cataloga de bajo en todas las parcelas en estudio, a pesar de que muestra diferencias estadísticas significativas.

La acidificación del suelo en estudio con los sistemas agroforestales pino-cafeto y albizia-cafeto pudiera estar relacionada con lo expuesto por Álvarez y otros (2000) acerca de que los residuos del pino pueden, en el proceso de reposición de hojarasca (acículas), generar complejos organohúmicos de fuerte estabilidad, o sea, mayor presencia de materia orgánica difícilmente mineralizable y con Kass (1995) al expresar que la albizia necesita calcio para crecer bien en suelos ácidos, lo que pudiera ser una de las causas de la degradación del suelo, además de que Betancourt (2000) señala que este género requiere para su desarrollo suelos no muy ácidos.

Tabla 3. Estado de la acidez del suelo y contenido de aluminio de las parcelas en estudio (Profundidad: 20-40 cm)

Tratamientos	Acidez hidrolítica	Acidez de cambio	Aluminio cambiante
	$(\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1})$		
Bosque pluvisilva	2,29 ^e	0,79 ^e	0,24 ^c
Cultivos en hileras	4,89 ^c	3,73 ^a	0,28 ^a
Pino más cafeto	5,36 ^a	2,63 ^b	0,27 ^{bc}
Albizia más cafeto	4,92 ^b	1,66 ^c	0,26 ^c
Guamo más cafeto	3,78 ^d	1,34 ^d	0,24 ^d
Es \pm x	0,035*	0,003*	0,003*
CV %	0,17	0,29	2,00

(a, b, c, d, e) medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Duncan a $p < 0,05$.

En la figura 1 se observa la relación existente entre el pH en KCl y la acidez de cambio de las áreas en estudio en los primeros 20 cm de profundidad, con un valor R^2 de 0,82**, donde se aprecia que aquellos sistemas de producción de cultivos que muestran los valores de pH más ácidos, muestran los valores de acidez de cambio más elevados.

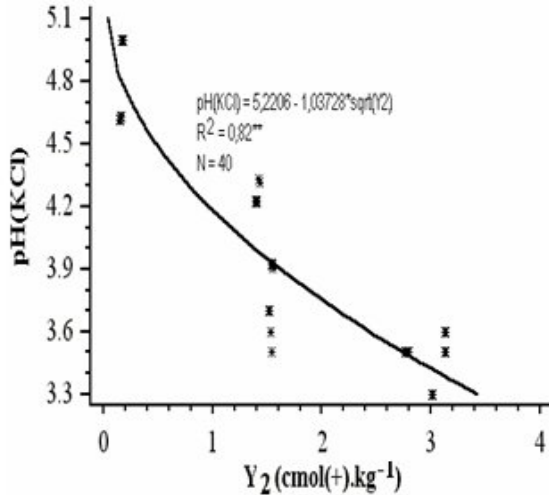


Figura 1. Relación entre el pH (KCl) y la acidez de cambio

El análisis de las relaciones entre las propiedades del suelo en estudio es considerado por Cairo (2001) como muy necesario para poder obtener los indicadores de calidad de este recurso y, de esta forma, poder llevar a cabo una correcta selección de las vías de mejoramiento a utilizar.

En la figura 2 se puede apreciar el impacto que tiene los valores más elevados de acidez hidrolítica en el contenido de fósforo asimilable para las plantas de interés económico, para un valor R^2 de 0,65**.

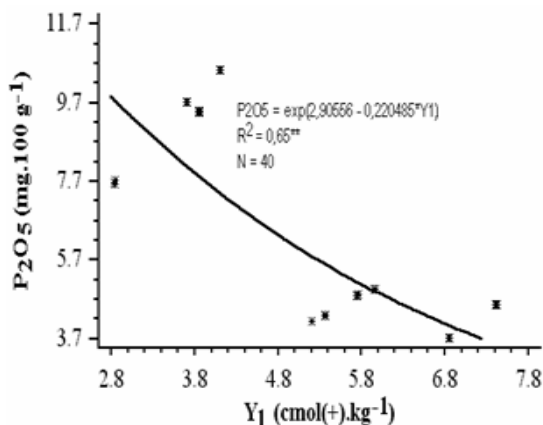


Figura 2. Relación entre la acidez hidrolítica y el P₂O₅ asimilable

CONCLUSIONES

1. Los sistemas de producción cafetaleros representados por los árboles de sombra pino, albizia y el área dedicada a cultivos en hileras sin sombra tienen una incidencia negativa sobre los indicadores de la acidez del suelo, al mostrar los mayores valores de acidez hidrolítica y de cambio.
2. Se aprecia que existe una relación negativa entre la acidez de cambio y el pH en KCl, y entre la acidez hidrolítica y el contenido de fósforo asimilable de las áreas estudiadas.

BIBLIOGRAFÍA

- ALVAREZ, E.; C. MONTERROSO, Y M. FERNÁNDEZ: "Fraccionamiento de aluminio en suelos de Galicia bajo distintas especies forestales", *Edafología*, 7, 2000.
- BETANCOURT, S. A: *Árboles maderables exóticos en Cuba*. Editorial Científico-Técnica, La Habana, 2000.
- BRUL, P.; T. DEITERS, Y B. VAN ELZAKKER: *Principios y práctica de la agricultura orgánica en el trópico*. Fundación Güilombé, San José, Costa Rica, 1995.
- CAIRO, P.: *La fertilidad física del suelo y la agricultura orgánica en el trópico*, UCLV, Santa Clara, Cuba, 2001.
- DE ROJAS, I.: "Evaluación de métodos químicos para determinar requerimientos de cal en suelos ácidos del país", *Agronomía Tropical* 24(4): 12-15, 2002.
- DE ROJAS, I. Y J. COMERMA: "Caracterización de los suelos ácidos de Venezuela basada en algunas propiedades físicas y químicas", *Agronomía Tropical*, 35(3): 23-30, 2004.
- DO PRADO, L. Y M. DA VEIGA: *Erosión y pérdida de fertilidad del suelo. Relación entre erosión y pérdida de fertilidad del suelo*. Consultado el 15 de marzo de 2004, en http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url=file=/docrep/f2351506.htm
- GINES, I. E I. MARISCAL: *Actuación de los fertilizantes sobre el pH del suelo*, Consultado el 12 de diciembre, 2004, de <http://www.fertiberia.com/informacion-fertilizacion/articulos/nutrientes-fertilizantes/pHfertilizantessuelo.htm>

JARAMILLO, D.: *Introducción a la ciencia del suelo*.
Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 2002.

MESA, A.; C. COLOM; J. TREMOLS Y O. SUÁREZ:
Manual de interpretación de los suelos, Editorial
Científico-Técnica, La Habana, 1984.

PAGEL, H.: *Bodenkunde. Hochschule studium der
Landwirtschaf twissens drasten tropische und
subtropische Landwirtschaft*. Leipzig: Karl-Marx-
Universitat, 1973.

PEDROSO, EUFEMIA: Estado del aluminio y su deter-
minación analítica en los suelos de montaña, Trabajo
de Diploma, UCLV, Santa Clara, Cuba, 1984.

Recibido: 29/Diciembre/2006

Aceptado: 25/Abril/2007