

## Comportamiento de los indicadores degradativos de fertilidad de un suelo ferralítico rojo lixiviado típico de montaña y su relación con los distintos sistemas agroforestales establecidos. (II)

Alfredo Reyes Hernández (1), Pedro I. Cairo, Joaquín Machado de Armas (2), Ana Belkis Manes Suárez (1), Juan Almaguer López (1) y Droel P. Faldraga Espinosa (3).

- (1) Facultad Agropecuaria de Montaña del Escambray.
- (2) Centro de Investigaciones Agropecuarias. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas.
- (3) Empresa Municipal Agropecuaria Fomento.

---

**RESUMEN.** Se muestran los resultados de los análisis químicos realizados a un suelo ferralítico rojo lixiviado típico, ubicado en la localidad de Topes de Collantes, municipio de Trinidad, provincia de Sancti Spíritus. Se tomaron muestras de suelos 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, a un área dedicada a autoconsumo, teniendo como referencia un bosque natural. Estas áreas tenían dimensiones aproximadas a 4 hectáreas y pendientes similares. Todas pertenecientes a la UBPC "Arcides de Armas Pomo". Los resultados muestran que las áreas dedicadas a la producción de café presentan los valores más altos de acidez hidrolítica, acidez de cambio y aluminio cambiante, con cierta tendencia a ir disminuyendo estos tres indicadores de la degradación del suelo con la profundidad del suelo en el área de café asociada al árbol de sombra guamo. Lo contrario se observó en el área cafetalera asociada al árbol de sombra albizia. Se muestra estrecha correlación entre los indicadores analizados.

Palabras clave: Fertilidad del suelo, café, suelo.

**ABSTRACT.** Some chemical analyses were carried out to a typical leached red ferralitic soil located in Topes de Collantes, Trinidad, Sancti Spiritus province. Soil samples at the depths of 0-10, 10-20 and 20-40 cm were taken in three coffee production areas associated to following shadow trees: Pine, Albizia and Guamo, in comparison to a self-consumption area and a reference natural forest area. All those belong to de UBPC "Arcides de Armas Pomo" and have approximate dimensions: 4 hectares and similar slopes. The results show that the areas dedicades to the coffee production present the highest values of hydrolytic acidity, exchange acidity and exchangeable aluminum. It was also observed a tendency to the decrease of these three soil degradation indicators with the soil depth in the coffee production area associated to the Guamo shadow tree. A just opposite behavior in the coffee production area associated to Albizia shadow tree. These soil degradation indicators increase with the soil depth. The soil degradation indicators show narrow correlations between them.

Key words: Soil fertility, coffee, soil.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes problemas que aquejan a la humanidad es la destrucción acelerada de los recursos naturales, dentro de los cuales el suelo es quizá el que ha sufrido el mayor daño por la intervención humana, aunque es el que suministra los requerimientos diarios de nutrición para la humanidad (Amézquita, 1998). En el ámbito mundial vastas áreas de tierra han sufrido procesos irreversibles de degradación, causados por un amplio rango de procesos, tales como erosión acelerada,

la desertificación, la compactación, el endurecimiento de los suelos, la acidificación, disminución en el contenido de materia orgánica, diversidad y caída de la fertilidad del suelo (Lal, 1994).

Muchos suelos de los trópicos húmedos son ácidos y con frecuencia poseen niveles tóxicos de aluminio cambiante (Pagel, 1963).

En el rango de pH de 4,0 a 5,0, el aluminio es el catión predominante en los suelos (Pagel *et al.* 1982). Esto ha sido reportado en suelos tropicales.

Por ejemplo, López y Cox (1977) reportaron abundancia de aluminio tóxico en suelos de vegetación cerrada en el Brasil que presentaban reacción ácida.

Una excepción de lo expuesto lo constituyen los suelos extremadamente ferralíticos, en los cuales a causa del predominio de cargas positivas aún cerca del 100 % de saturación de aluminio, pueden mostrar valores de pH = 7.

En general, en los suelos ácidos de Cuba el aluminio extraído por KCl resulta muy bajo o casi inexistente, (Portales, 1980). Esta autora, en un suelo ferralítico cuarcítico amarillo rojizo lixiviado, con pH en agua de 5,1 y de 4,1 en KCl, encontró un contenido muy bajo de aluminio cambiante (0,28 meq de Al/100 g).

Coleman *et al.* (1959) reportaron que en Carolina del Norte la cantidad de aluminio cambiante fue menos de 1 meq/100g a pH en agua de 5,5 y por encima de este valor; pero a valores por debajo de 5,5, aumentó rápidamente.

El contenido de aluminio cambiante aumenta en los suelos, en general con un aumento de la concentración de H<sup>+</sup> y puede aumentar a valores de pH por debajo de 5. En 25 suelos norteamericanos resultó un fuerte aumento del contenido en aluminio cambiante (pH en agua de 5 a 5,5), (Coleman *et al.* 1959).

Pedroso (1984), reportó un fuerte aumento del aluminio cambiante hasta niveles considerados tóxicos a pH por debajo de 5,2 en agua.

Por lo antes expuesto, el objetivo central de nuestra investigación es estudiar el comportamiento de los indicadores de la degradación de un suelo ferralítico rojo lixiviado típico de montaña, y comprobar si existe correspondencia entre estos y algunos parámetros químicos ya estudiados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Evaluaciones realizadas en la investigación

Los análisis efectuados a las muestras se realizaron en el Laboratorio de Suelos del CIAP en la

Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, municipio de Santa Clara, provincia de Villa Clara.

La Acidez de Cambio (Y<sup>2</sup>), Hidrolítica (Y<sup>1</sup>) y Aluminio Cambiante (Al.C) se analizaron mediante la utilización como solución extractiva del KCl con normalidad (1N), valorado posteriormente con NaOH 0,1 N y a través de las fórmulas siguientes:

$$Y^2 = a \times f \times 0,02 \times 1,5 \times 100 / p$$

$$Y^1 = a \times f \times 0,1 \times 1,5 \times 100 / p$$

$$\text{Al Cam.} = a \times f \times 0,02 \times 100 / p.$$

Los resultados fueron sometidos a procesamiento estadístico con el paquete StatGraphics PLUS 2,1.

### Características de las parcelas en estudio

#### Bosque natural

Área de 4,2 ha que presenta gran diversidad de especies forestales silvestres, dentro de las que se destacan la yamagua (*Guarea guidonea* L.), majagua (*Hibiscus elatus* S. W), entre otras, para favorecer la cobertura total del suelo por la gran cantidad de hojarasca presente.

#### Parcela de autoconsumo

Tiene un área de 4 ha, establecida desde hace 20 años con la técnica del despale, acordonamiento y quema (tumba para la obtención de yuca (*Manihot utilissima*, Pohl), maíz (*Zea mays*), boniato (*Ipomea batata*, Lam); etc. Es necesario dejar descansar el área cada 2 años para alternar con otra de características similares.

#### Parcela bajo pino

Área de 5,3 ha y un marco de plantación de 2 x 1 (m), número de platas de 15 542, variedad Islands, tiempo de explotación 24 años. Rendimientos de las dos últimas campañas: 2000-2001 (15 qq café oro) y 2001-2002 (35 qq café oro). La cobertura viva del suelo es escasa, dado en lo fundamental por el exceso de acículas de pino; existiendo otras malezas como: guizaso (*Urena sinuata*. L), malva de cochino (*Sida rhombifolia*), cordobán (*Rhoeo discolor*. L.), cortadera (*Scleria melaleouca*. Sch

y Cham) y rabo de gato (*Acalipha alopecuroides*. Jacq).

### Parcela bajo guamo

Área de 4,2 ha con un marco de plantación de 2 x 1 (m), con 10 000 plantas, variedad de café Caturra amarillo, tiempo de explotación 36 años. Los rendimientos de las tres últimas campañas fueron: 1999-2000 (35 qq café oro); 2000-2001 (22 qq café oro) y 2001-2002 (24 qq café oro). La cobertura viva es la cucaracha (*Tradescantia sebrina*) y no abundante, por lo que prevalecen como muy abundantes las hojarascas del árbol de sombra en cuestión.

### Parcela bajo albizia

Área de 7 ha, con un marco de plantación de 2 x 1 (m), con un total de 29 640 plantas con mezcla de las variedades de Catuay rojo y amarillo, tiempo de explotación 21 años con los rendimientos siguientes en las tres últimas campañas: 1999-2000 (192 qq café oro), 2000-2001 (100 qq café oro) y 2001-2002 (76 qq café oro). La cobertura establecida es la cucaracha (*Tradescantia sebrina*) y no en la totalidad del área. Maleza encontrada, cortadera (*Scleria melaleouca*. Sch y Cham).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al analizar las variables indicadoras de la acidez del suelo y el contenido de aluminio, se puede apreciar que a pesar de ser un suelo ferralítico rojo lixiviado, los sistemas de producción cafetaleros representados por los tres tipos de árboles de sombra antes enunciados, tienen una incidencia negativa, ya que se pueden apreciar los mayores valores de acidez hidrolítica (catalogada de muy alta), de cambio (como alta) y el contenido de aluminio en dichos sistemas.

Esto pudiera estar relacionado con el sistema radical de los mismos que extraen elementos de los estratos más profundos del suelo que conducen al aumento de dicha acidez en la profundidad estudiada (Tabla 1). Lo antes descrito (estudio del aluminio cambiante en relación con la acidez hidrolítica y de cambio), da respuesta a lo planteado por MINAGRI, (1999), ya que en el Laboratorio Provincial de Suelos de

Santa Clara han encontrado valores relativamente elevados de aluminio de cambio en suelos rojos de montaña, pero necesitan de un estudio especial para llegar a conclusiones ciertas.

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

Tratamientos	Y <sup>1</sup>	Y <sup>2</sup>	Al (cam)
	(cmol (+). Kg <sup>-1</sup> )		
Bosque natural	3,23 <sup>e</sup>	0,63 <sup>d</sup>	0,056 <sup>d</sup>
Autoconsumo	3,00 <sup>e</sup>	1,96 <sup>c</sup>	0,056 <sup>d</sup>
Pino	5,15 <sup>b</sup>	3,64 <sup>b</sup>	0,092 <sup>e</sup>
Albizia	7,25 <sup>a</sup>	6,05 <sup>a</sup>	0,114 <sup>b</sup>
Guamo	6,41 <sup>a</sup>	3,71 <sup>b</sup>	0,141 <sup>a</sup>
Es x±	0,29	0,22	0,006
CV %	11,88	13,7	14,31

En la figura 1 se puede apreciar la correlación directa existente entre el aluminio cambiante y la acidez hidrolítica, coincidiendo los valores más bajos para ambos indicadores en el bosque natural y el área dedicada a autoconsumo, donde los sistemas de producción dedicados a la producción de café asociados con los tres árboles de sombra antes descritos manifiestan los mayores valores.

En la tabla 2 aparecen los resultados de un estudio minucioso de la acidez del suelo, donde los valores de acidez hidrolítica, acidez de cambio y aluminio cambiante siguen siendo más altos en la parcela de café con árbol de sombra albizia, catalogados de muy altos respecto a las restantes parcelas en estudio, al igual que el área bajo guamo, estando en correspondencia muy claramente con lo expresado en el figura 2, donde el pH más ácido coincide con los valores más altos de acidez hidrolítica, no siendo así para el cafetal bajo guamo, al experimentar valores de pH similares al bosque natural y sin embargo sus valores de acidez hidrolítica, de cambio y aluminio son superiores al área dedicada a autoconsumo.

En el cafetal bajo albizia la acidez hidrolítica, la acidez de cambio y el aluminio cambiante, aumentaron considerablemente, valorándose dicha acidez de muy alta, al compararla con el resto de las áreas donde se clasifica de alta (Tabla 3). Con este estudio integral referido a la acidez del suelo estamos corroborando lo planteado por Pagel *et al.* (1982) al referir que el aluminio ha sido estudiado con

frecuencia, en relación con el pH del suelo, pero ha sido poco investigado en relación con otras características del suelo, como: acidez hidrolítica, acidez de cambio, fósforo y potasio.

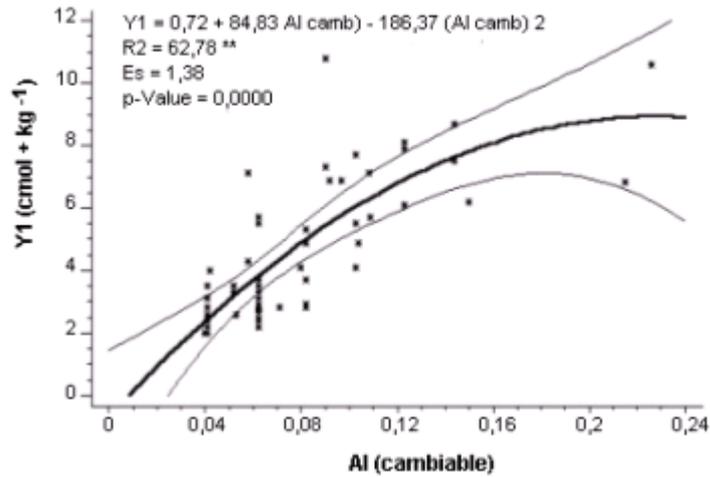


Figura 1. Relación hidrolítica vs aluminio cambiabile.

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

Tratamientos	Y <sup>1</sup>	Y <sup>2</sup>	Al (cam)
	(cmol (+). Kg <sup>-1</sup> )		
Bosque natural	2,63 <sup>d</sup>	0,54 <sup>e</sup>	0,062 <sup>cd</sup>
Autoconsumo	2,50 <sup>d</sup>	1,49 <sup>d</sup>	0,055 <sup>d</sup>
Pino	3,77 <sup>c</sup>	2,65 <sup>c</sup>	0,073 <sup>b</sup>
Albizia	6,85 <sup>a</sup>	4,19 <sup>a</sup>	0,098 <sup>a</sup>
Guamo	4,30 <sup>b</sup>	3,62 <sup>b</sup>	0,066 <sup>c</sup>
Es x±	0,01	0,07	0,002
CV %	4,98	5,7	6,24

Letras desiguales en una columna difieren significativamente para p ≤ 0,05

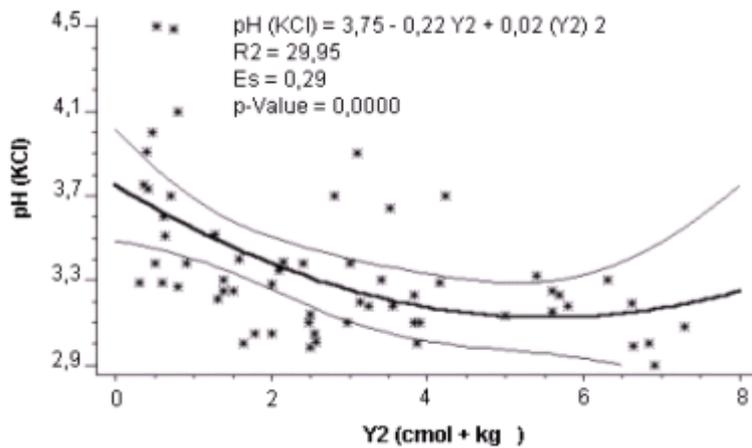


Figura 2. Relación acidez de cambio vs pH en KCl.

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

Tratamientos	Y <sup>1</sup>	Y <sup>2</sup>	Al (cam)
	(cmol (+). Kg <sup>-1</sup> )		
Bosque natural	2,24 <sup>c</sup>	0,44 <sup>e</sup>	0,04 <sup>d</sup>
Autoconsumo	2,26 <sup>c</sup>	1,38 <sup>d</sup>	0,041 <sup>d</sup>
Pino	3,05 <sup>b</sup>	2,41 <sup>c</sup>	0,062 <sup>b</sup>
Albizia	9,75 <sup>a</sup>	3,67 <sup>a</sup>	0,143 <sup>a</sup>
Guamo	3,33 <sup>b</sup>	3,17 <sup>b</sup>	0,055 <sup>c</sup>
Es x±	0,17	0,1	0,001
CV %	8,53	9,18	4,1

Letras desiguales en una columna difieren significativamente para  $p \leq 0,05$

En la Figura 3 se puede apreciar la estrecha correlación existente entre la acidez hidrolítica y la de cambio, donde se pone de manifiesto la incidencia negativa que tienen sobre estos dos parámetros los

sistemas de producción cafetaleros asociados a los tres tipos de árboles de sombra antes mencionados, muy diferentes a las áreas de autoconsumo y bosque natural, que manifiestan los menores niveles.

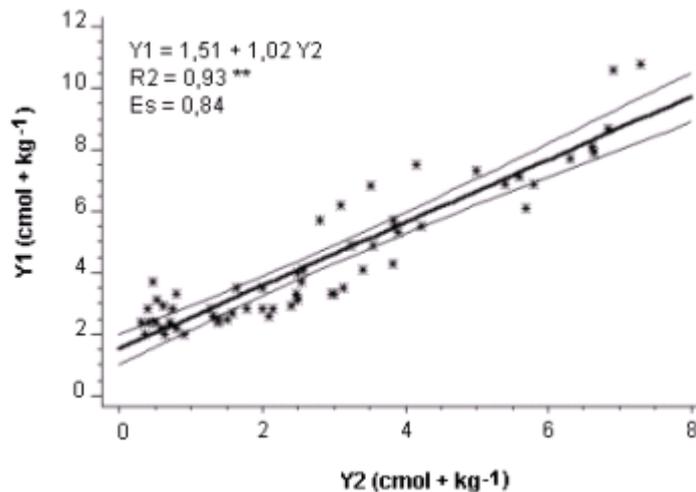


Figura 3. Relación Y1 vs Y2 de las áreas en estudio.

## CONCLUSIONES

1. Los sistemas de producción cafetaleros representados por los tres tipos de árboles de sombra antes enunciados, tienen una incidencia negativa, ya que se pueden apreciar los mayores valores de acidez de cambio y el contenido de aluminio en dichos sistemas.
2. Al producirse un aumento de la acidez del suelo (pH (H<sub>2</sub>O) y pH (KCl)) disminuye considerablemente la acidez de cambio y la acidez hidrolítica.
3. Existe una estrecha correlación positiva entre la acidez hidrolítica y la de cambio, de las cuales

los mayores valores se observaron en las áreas cafetaleras asociados a los árboles de sombra pino, albizia y guamo, estando los valores más bajos en los bosques y en el área de autoconsumo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Amézquita, E. (1998): Manejo de Suelos e Impacto Ambiental. En IX Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo.
- Coleman *et al.* (1959): "Cation Exchange Capacity and exchangeable cations in Piedmont Soils of North Carolina". *Soil Sci. Soc. Emer. Proc.* 23: 145-149.

MINAGRI (1999): Laboratorio de suelos y fertilizantes, Villa Clara.

Pagel, H.; J. Enzmann y H. Mutscher (1982): Pflanzennährstoffe in tripichen boden. *VEB Deutscher Land Wirtschaftsverlag*, Berlin.

Pedroso, E. (1984): Estado del aluminio y su determinación analítica en los suelos de montaña. Trabajo de Diploma, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

Portales, M. (1980): Comparación de métodos para determinar las necesidades de cal de los suelos. Trabajo de Diploma, Fac. Ciencias Agrícolas, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas..

Lal, R. (1994): "Methods and guidelines for assessing sustainable use of soil and water resources in the tropics". USDA-The Ohio State University, SMSS Technical Monograph no. 21.

