

Relaciones entre propiedades físicas y químicas en suelos ferralíticos rojos de montaña bajo condiciones de experimento de abonos orgánicos y minerales naturales

Issel Tandrón Echevarría (1), Pedro Cairo Cairo (2), Alfredo Reyes Hernández (2), Pedro Torrez García (2), Rafael Jiménez Carrazana (2), Oralia Rodríguez López (2), Inés Abreu Moré (2)

(1) Joven Club de Computación y Electrónica, Santa Clara, Villa Clara.

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

RESUMEN. El presente trabajo se desarrolló en la UBPC "Alcides de Armas Pomo" de Topes de Collantes en la provincia de Sancti Spíritus, con el objetivo de determinar las relaciones entre propiedades del suelo y rendimiento, para evaluar parámetros que evidencien la sensibilidad a cambios en suelos ferralíticos rojos lixiviados de montaña. Se tomaron 50 muestras de suelo a una profundidad de 0-20 cm aplicándose 10 tratamientos de enmiendas y 5 repeticiones para cada uno (un testigo como referencia, NPK, 4 t/ha compost, 15 t/ha Residuo Base Húmeda, 4 t/ha compost+ 4 t/ha caliza fosfatada, 4 t/ha compost+4 t/ha Dolomita, 15 t/ha RBH+4 t/ha CF, 15 t/ha RBH+4 t/ha D, 4 t/ha D, 4 t/ha CF) en condiciones controladas. Los datos fueron procesados por los paquetes estadísticos Statgrafic Plus var. 4.1 (para las relaciones de regresión) y SPSS var. 8.0 (para los componentes principales) sobre Windows 2000. Los resultados obtenidos revelaron que el pH del KCl resultó un indicador que permite diagnosticar los problemas de acidez del suelo, así como un parámetro que afecta otras propiedades estructurales y tenores de fertilidad. Las propiedades de fertilidad (P_2O_5 , K_2O), propiedades físicas (AE y FE) y de acidez (pH del KCl y Al camb.), se agruparon en niveles de componentes principales, demostrando su sensibilidad ante los cambios que se produzcan en el sistema establecido.

Palabras clave: Propiedades físicas y químicas, suelos ácidos, enmiendas.

ABSTRACT. The present work was developed in the UBPC "Arcidez de Armas Pomo" of Topes of Collantes in Sancti-Spíritus, with objective of determining the relationships between properties of soil and yield, These parameters evidenced the sensibility to changes in Red Ferralíticos of Mountain soil. They took 50 floor samples to depth of 0-20 cm being applied 10 treatments of amendments and 5 repetitions for each one (a witness as reference, NPK, 4 t/ha compost, 15 t/ha Humid Bases Residual, 4 t/ha compost+ 4 t/ha Fosfatada Calcareous, 4 t/ha compost+4 t/ha Dolomita, 15 t/ha Humid Bases Residual+4 t/ha CF, 15 t/ha Humid Bases Residual+4 t/ha D, 4 t/ha D, 4 t/ha CF) under conditions controlled. The data were processed by the statistical packages Statgrafic 4.1 (for the regression relationships) and SPSS 8.0 (for the main components) in Windows 2000. The obtained results revealed that the pH KCl was an indicator capable to diagnose the problems of acidity of the soil, as well as a parameter that affects other structural properties and tenors of fertility. The properties of fertility (P_2O_5 , K_2O), physical properties (AE and FAITH) and of acidity (pH KCl and To the camb), they grouped in levels of main components, demonstrating their sensibility in the changes in the established system.

Key words: Physical and chemical properties, acid soil, amendments.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los problemas ecológicos en el suelo por el agotamiento de sus recursos naturales y fertilidad, vienen dados por las tecnologías convencionales que se aplicaban en décadas pasadas. Las razones económicas y ecológicas que se han derivado de esta

problemática han dado a la necesidad de búsqueda urgente de alternativas de fertilizantes orgánicos (como residuos de café en condiciones de montaña) (Potrillé, 1997 y Gomero y Vázquez, 2004), cachaza, desechos animales, orinas y otros tipos de excretas, compost, minerales autóctonos y naturales (roca fosfórica, dolomita, zeolita, etc.).

La agricultura sustentable permite a un agroecosistema dado, mantener la producción a un largo plazo, frente a adversidades ecológicas y presiones socioeconómicas (Altieri, 1997); pero para ello no se puede perder de vista el reciclaje de nutrientes. Los suelos con grandes limitantes para la producción de cultivos, son los que más necesitan de la aplicación de una agricultura orgánica, entre estos suelos, los ferralíticos rojos, poseen limitaciones agrícolas, por su acidez, a veces por debajo de 5,5 de pH, ligados a veces de compactación y riesgos de erosión por su degradación física (Pineda, 2002), y nuestra provincia de Villa Clara posee también estos tipos de suelos.

Nuestro trabajo estuvo encaminado a determinar las relaciones entre las propiedades físicas y químicas bajo diferentes sistemas de manejo y mejoramiento del suelo, determinar las relaciones entre las propiedades del suelo y el rendimiento en condiciones controladas, así como evaluar los parámetros que evidencien la sensibilidad a cambios en los sistemas estudiados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

La investigación se llevó a efecto en la zona de Topes de Collantes, municipio de Trinidad, provincia de Sancti Spiritus a una altitud de 750 m.s.n.m. y con un régimen pluviométrico anual de 2000 mm. Se analizó un suelo ferralítico rojo lixiviado (FRL) de montaña perteneciente a la UBPC "Alcides de Armas Pomo", para poder determinar qué técnica de agricultura sostenible pudiera contribuir a elevar la fertilidad del suelo.

Descripción del experimento de abonos orgánicos y minerales naturales

Del suelo evaluado (ferralítico rojo lixiviado), se tomaron 50 muestras a profundidades de 0-20 cm, establecidas en 10 tratamientos y 5 repeticiones donde se aplicó un testigo como referencia, NPK, 4 t/ha compost, 15 t/ha Residuo Base Húmeda, 4 t/ha compost + 4 t/ha caliza fosfatada, 4 t/ha compost + 4 t/ha Dolomita, 15

t/ha RBH+4 t/ha CF, 15 t/ha RBH+4 t/ha D, 4 t/ha D, 4 t/ha CF.

Evaluaciones efectuadas

Contenido de fósforo, potasio, materia orgánica, pH (KCl) y pH (H₂O), acidez hidrolítica, acidez de cambio y aluminio cambiante a los distintos tratamientos. Determinaciones de rendimiento de las plantas indicadoras: peso fresco, altura y peso seco. Cálculo de la permeabilidad, agregados estables al agua, límite inferior de plasticidad, límite superior de plasticidad y factor de estructura, para comprobar el efecto de estos tratamientos en dichas propiedades físicas de los suelos analizados.

Proceso Estadístico

Se utilizó el paquete estadístico Statgraphic Plus 4.1 sobre Windows 2000. Se estableció un análisis de regresión simple, escogiéndose las ecuaciones de mejor ajuste y se establecieron relaciones entre propiedades químicas y físicas. Se determinaron los componentes principales para cada caso en SPSS 8.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Relaciones entre propiedades del suelo y el rendimiento bajo las condiciones de un experimento de abonos orgánicos y minerales naturales (suelo ferralítico rojo lixiviado)

Indicadores de la acidez del suelo y otras propiedades químicas

Los resultados presentados en la tabla 1 y la Figura 1, evidencian la influencia que ejerce la acidez del suelo expresada en elementos como el pH KCl, pH agua, acidez de cambio y acidez hidrolítica, sobre las propiedades químicas evaluadas en nuestro tema de estudio.

El pH KCl encontrado en este suelo, oscila aproximadamente entre 3-4,4, lo que explica el carácter extremadamente ácido de estos suelos, lo cual es corroborado por Jaramillo (2002) y

García-Francis (2002), al estudiar estos tipos de suelos ferralíticos rojos lixiviados, obteniendo valores entre 3,7-4,0.

No cabe dudas que el aumento del pH tanto en agua como en KCl, aumenta el contenido de P_2O_5 asimilable. Fundora *et al.* (1994), reportan este efecto en el suelo que a la par aumenta al porcentaje de saturación del calcio.

El grado de acidez de estos suelos, afecta la disponibilidad del fósforo que se encuentra en el suelo (Jaramillo, 2000). Se observa claramente esta asociación en los valores de la relación entre el pH KCl y la acidez hidrolítica (pH potencial del suelo) en relación con los que ofrecen los del fósforo y el potasio.

Muy significativa se ilustra la relación negativa entre la acidez cambiante y el pH KCl (Figura 2), evidenciando que con valor de 3,9, la acidez cambiante llega a 2,3 cmol (+)/kg⁻¹.

Es muy acertado el uso de enmiendas minerales, sobre todo la caliza fosfatada y la dolomita, por ser portadores del Ca en su composición (Vilariño, 2000 y Lezcano-Ferrat, 2004). Esto ayudaría a mejorar el valor de pH del suelo, y por ende la disponibilidad de elementos como el fósforo asimilable. El pH KCl y la acidez cambiante, ambos entre sí, y relacionados con el K_2O y P_2O_5 cambiante, indican una estrecha interacción entre los mismos, lo cual puede ser de gran significado para el diagnóstico de la fertilización de los suelos.

Tabla 1. Relaciones entre la acidez del suelo y otras propiedades químicas

Ecuaciones	±	R ²	Significación
MO= 1/(0,0538115+0,699933/pHKCl)	± 0,040	0,20	0,0010
P ₂ O ₅ = 1/(0,017395+0,27672/pHKCl)	± 0,009	0,46	0,0000
K ₂ O=1/(-0,00462049+0,591354/pHKCl)	± 0,020	0,53	0,0000
Ac. Hid.=5,78333+9,38964/pHKCl	± 0,290	0,48	0,0000
Ac. Camb.= 7,01078-3,33016*n(pHKCl)	± 0,360	0,49	0,0000
MO=1/(0,0022107+1,12744/pH agua)	± 0,040	0,21	0,0009
P ₂ O ₅ = 1/(-0,00525683+0,456605/pH agua)	± 0,008	0,49	0,0000
K ₂ O= 1/(-0,0396663+0,911253/pH agua)	± 0,020	0,49	0,0000
Ac. Hid.= 5,16036+14,7902/pH agua	± 0,290	0,47	0,0000
Ac. Camb.= 8,93292-4,07374*n(pH agua)	± 0,370	0,47	0,0000
Al. Camb.= -0.0545128+0.936232/pH agua	± 0,040	0,17	0,0031
MO= 1/(-0,217364+0,0550947* Ac.Hid.)	± 0,040	0,23	0,0004
P ₂ O ₅ = 1/(-0,0440961 + 0,0162222*Ac.Hid.)	± 0,010	0,29	0,0001
K ₂ O= 1/(-0,184144 + 0,0405181*Ac. Hid.)	± 0,020	0,45	0,0000
Ac. Camb.= -3,72621 + 0,757547*Ac.Hid.	± 0,039	0,35	0,0000
MO= 1/(-0,167028 + 0,492706*Al.Camb.)	± 0,040	0,20	0,0010
P ₂ O ₅ = 1/(-0,0639913 + 0,181622*Al.Camb.)	± 0,009	0,40	0,0000
P ₂ O ₅ = 15,1125 -1,49287*Ac.Camb.	± 1,100	0,31	0,0000
K ₂ O= 1/(0,082458 + 0,02*Ac.Camb.)	± 0,020	0,32	0,0000

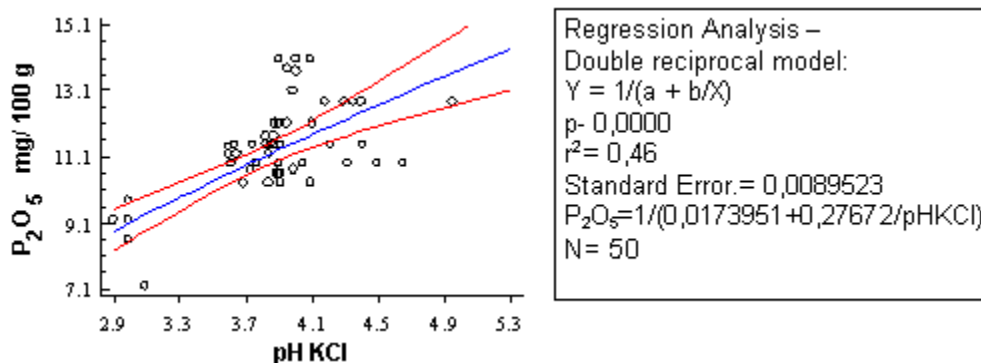


Figura 1. Relaciones pH KCl y P_2O_5 mg/100 g en suelo ferralítico rojo lixiviado de montaña.

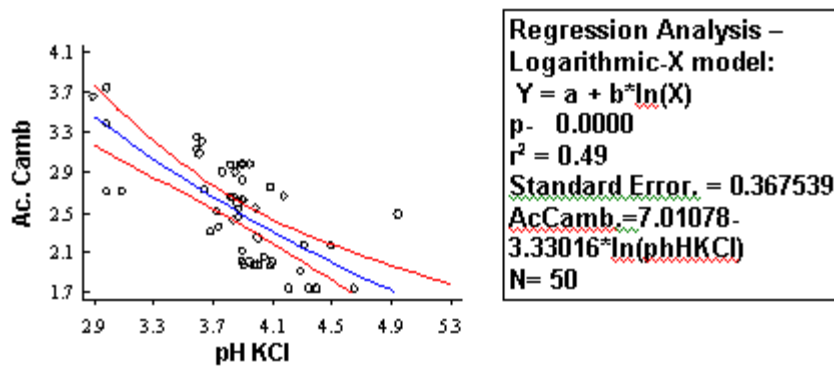


Figura 2. Relaciones entre el pH KCl y la acidez de cambio cmol(+). kg⁻¹ en suelo ferralítico rojo lixiviado de montaña.

Indicadores de la acidez del suelo y propiedades físicas

aumento de las propiedades estructurales del suelo con los valores de pH (Figuras 3 y 4).

El estudio de la evaluación de las propiedades físicas del suelo y su relación con la acidez del suelo, determinaron su positividad con el pH KCl y relaciones negativas con la acidez hidrolítica y la acidez de cambio. Es evidente, por tanto, el

Tanto la acidez de cambio como el pH KCl manifiestan un estrecho vínculo con el factor de estructura. Para valores de FE de 68 % se alcanzan aproximadamente 2,3 cmol(+).kg⁻¹ de acidez cambiante y 4,4 valores de pH KCl.

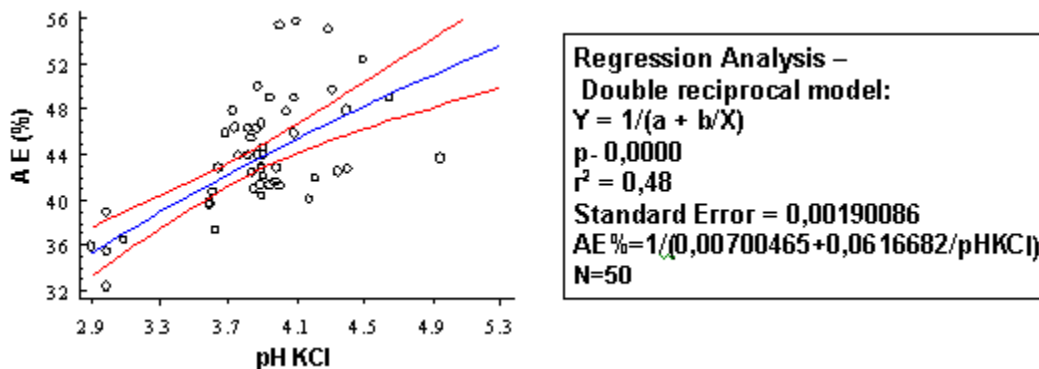


Figura 3. Relaciones de el pH KCl y AE % en suelo Ferralítico Rojo Lixiviado de Montaña.

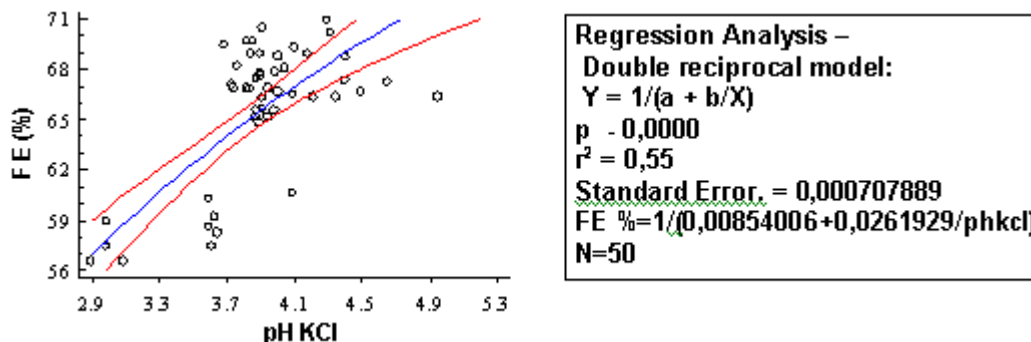


Figura. 4. Relaciones de el pH KCl y FE % en suelo Ferralítico Rojo Lixiviado de Montaña.

Relaciones entre propiedades físicas.

La tabla 3 muestra las relaciones mas efectivas que se establecen entre propiedades físicas del suelo estudiado (Ferralítico rojo lixiviado). Las ecuaciones y valores de r² determinados, expresan el papel proporcional del factor de estructura con el agregado estable, así como el índice de plasticidad y limite superior de plasticidad.

La presencia de Ca en la Caliza fosfatada, puede tener una influencia sobre el agregado,

pues al aumentar el calcio cambiante, aumenta la permeabilidad, la cohesión del suelo, frena el estallido de los agregados y modera la dispersión de los coloides (Cairo y Fundora, 1994).

El estado estructural de un suelo indica no solo el estado de mullimiento que posee, sino que se transfiere al drenaje, aireación, laboreo del suelo o a la facilidad de las raíces del cultivo a penetrar el sistema radicular, además indica cierto grado de fertilidad general (Cairo, 2001).

Tabla 3. Relaciones entre propiedades físicas

Ecuación	±	R ²	Significación
FE=1/(0,00918842+0,267402/AE)	± 0,002	0,45	0,0000
PermK= 1/(0,333539+11,8923/FE)	± 0,020	0,32	0,0000
IP.= -13,907+0,78545*LSP	± 0,930	0,57	0,0000

Nivel de fertilidad y propiedades físicas

Cuando un suelo es mejorado con componentes orgánicos y minerales, es evidente que aumenta la disponibilidad de sus nutrientes, y si el producto es un material orgánico, pues contribuiría más a mejorar la estructura del suelo.

La figura 5 resume las relaciones positivas y significativas entre el nivel de fertilidad del suelo y el estado estructural, correspondiendo por ejemplo que para niveles de fósforo alto

(11,5 mg/100 g), según Fundora y Yepis (2000), se evalúan valores de factor de estructura de bueno (68 %). Trabajos realizados con la aplicación en compost en suelo (AGRILOGICA, 2004), han resultado como contribución favorablemente a mejorar la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola (serán más permeables los suelos pesados y más compactos los ligeros), aumenta la permeabilidad hídrica y gaseosa, y contribuye a aumentar la capacidad de retención hídrica del suelo mediante la formación de agregados.

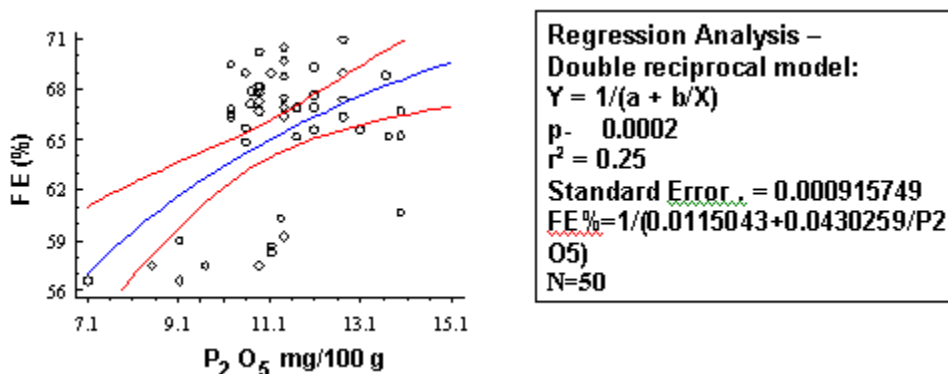


Figura 5. Relación entre el P₂O₅ mg/100 g y el FE % para un suelo ferralítico rojo lixiviado.

Relaciones entre propiedades del suelo y rendimiento de la planta indicadora

Con el uso de fertilizantes como caliza fosfatada, dolomita, compost y RBH; aumenta la cantidad de nutrientes en el sistema, esto conlleva a la incorporación de más material orgánico, mayor disponibilidad de macronutrientes como el P_2O_5 . En la Figura 6, los niveles más altos de peso fresco se obtienen por encima de 11 mg/100 g de P_2O_5 asimilable.

Por otra parte la acidez (Figura 7), posee los valores más altos del peso fresco de la planta en pH de 4,1-4,5. Cairo (2001), expone que la dolomita ha manifestado efectos sobre el potasio asimilable e intercambiable del suelo, los estudios consideran que existe un mecanismo de intercambio de cationes entre el magnesio y el potasio en este caso particular de la dolomita.

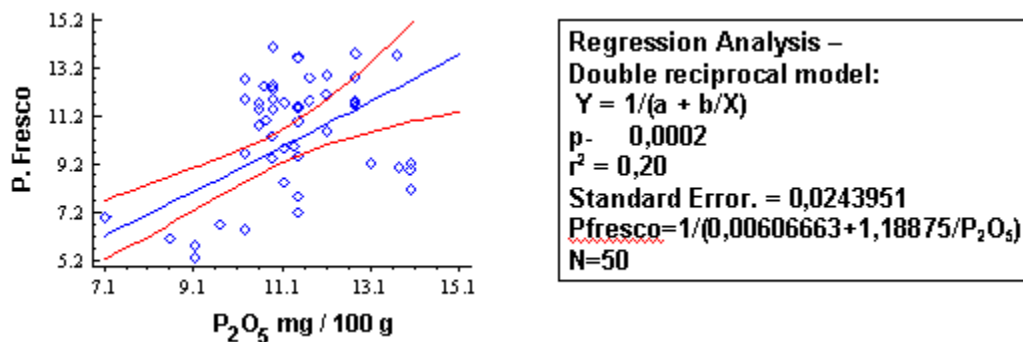


Figura 6. Relaciones del P_2O_5 mg/100 g y el peso fresco (g) de la planta indicadora en un suelo ferralítico rojo lixiviado

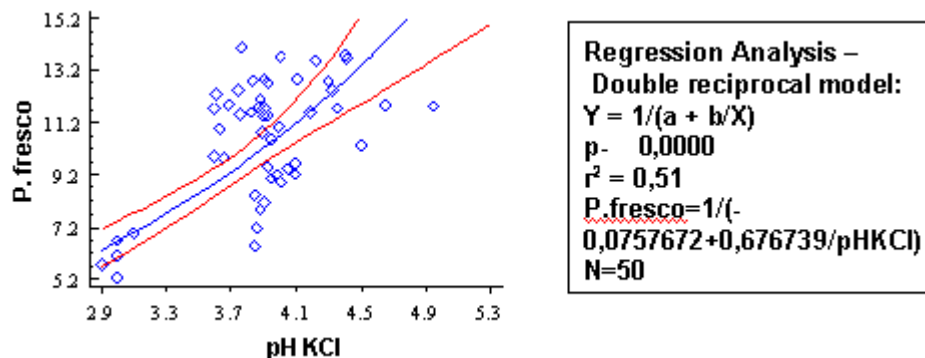


Figura 7. Relaciones del pH KCl y el peso fresco (g) de la planta indicadora en un suelo ferralítico rojo lixiviado de montaña.

Análisis de Componentes Principales

Las tablas 4 y 5, corresponden a la evaluación de componentes principales, se manifiestan 5 componentes representando el 76 % de variabilidad total. Los tratamientos con enmiendas muestran a la acidez, acompañados

de FE, AE, P_2O_5 y K_2O , como representantes de 31,1 % de la variabilidad total; influyen en el segundo nivel los índices de consistencia (LSP, IP) para el 44,6 %; estos explican el mayor porcentaje dentro de la Matriz de Componentes, corroborando su importancia como indicador en la evaluación del suelo ferralítico rojo lixiviado.

Tabla 4. Componentes principales para el experimento de enmiendas en suelo ferralítico rojo lixiviado

Componentes	Total	% de Varianza	Acumulado (%)
1	5,288	31,104	31,104
2	2,292	13,483	44,588
3	2,128	12,517	57,105
4	2,001	11,770	68,875
5	1,372	8,071	76,946

Tabla 5. Matriz de componentes en experimento de enmiendas para suelo ferralítico rojo lixiviado

	Componentes				
	1	2	3	4	5
PHKCL	.863				
PHAGUA	.858				
FE	.828				
ACHID	-.822				
K ₂ O	.813				
AE	.778				
PFRESCO	.751				
PSECO	.748				
ACAMB	-.712				
P ₂ O ₅	.650				
ALCAMB	-.526				
LSP		.858			
IP		.823			
LIP			-.722		
PERMK				-.556	
MO				-.537	
ALTURA					.488
Extraction Method: Principal Component Analysis. a. 5 components extracted.					

El uso de diversos productos orgánicos y fertilizantes minerales, hace que el suelo adquiera un estado de equilibrio natural, los cuales se reflejan en las propiedades generales del suelo (físico-químicas-biológicas), de todo ello resulta que pueden tomarse puntos indicadores de sostenibilidad.

CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos muestran las estrechas relaciones encontradas entre los parámetros de acidez del suelo, que a su vez afecta de manera notable otras propiedades estructurales y tenores de fertilidad.
2. Las propiedades de la acidez, el potasio (K₂O) y el fósforo (P₂O₅), así como los agregados estables y factor de estructura, se

agrupan en el primer nivel de componentes principales, demostrando su sensibilidad a los cambios producidos por los sistemas establecidos.

BIBLIOGRAFÍA

AGRILOGICA. (2004): Producción y gestión del compost. http://www.agriologica.com/tecnica/compost_antiguo.htm.

Altieri, M. A. (1997): El Agroecosistema: Determinantes, Recursos, Procesos y Sustentabilidad". Agroecología. Bases Científicas para una Agricultura Sustentable. Consorcio Latinoamericano sobre Agroecología y Desarrollo. Grupo Gestor Asociación Cubana de Agricultura Orgánica. La Habana, Cuba, pp. 25-44.

Cairo, P. y O. Fundora (1994): *Edafología*. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 476 pp.

Cairo, P. (2000): "Alternativas para el mejoramiento de los suelos para el cultivo de la caña", *Revista Agricultura Orgánica*, pp. 23-25.

Cairo, P. (2001): La fertilidad física del suelo y la agricultura orgánica en el trópico. UCLV, 138 pp.

Fundora, O.; J. Machado y N. Arbola (1994): La fertilidad del suelo y su manejo. Informe de resultado. Facultad de Ciencias Agropecuarias, UCLV.

Fundora, O. y Olga Yepis (2000): Ahorro de fertilización en Empresas de cultivos varios de la contaminación ambiental. XIII Forum Municipal de Ciencia y Técnica, Santa Clara.

Gomero Osorio, L. y H. Vásquez Alcántara (2004): Bases Conceptuales y programáticas para el manejo ecológico del suelo. Perú, <http://www.cledperu.org/bae/bae71/b71b.htm>.

Jaramillo, D. F. (2002): Introducción a la Ciencia del Suelo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Medellín, Colombia, 613 pp.

Pineda, Emma (2002): Factores asociados a la respuesta de la caña de azúcar a los fertilizantes minerales. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas, UCLV.

Potrillé, F. (1997): Estudio de los residuales del beneficio del café en la provincia de Villa Clara con vista a su utilización en la agricultura. Primera convención internacional sobre medio ambiente y desarrollo. La Habana, p. 39.

Rathgh, W. P. (1999): “Comenzar por el suelo”. *Revista Chile Agrícola*, marzo-abril. Vol. XXIII (236): 41-43.

Vilariño, Susana (2002): Alternativas para el mejoramiento de los suelos pardos con carbonatos con el uso de minerales naturales y abonos orgánicos. Tesis presentada en opción al título de Master en Agricultura Sostenible, UCLV.