

ARTICULOS GENERALES

Diagrama para el diagnóstico de la degradación y selección de las vías de mejoramiento de los suelos ferralíticos de Topes de Collantes

Diagram for the diagnosis of the degradation and selection of the ways of improvement of the soils Ferralitics of Topes of Collantes

Alfredo Reyes Hernández¹; Pedro I. Cairo Cairo^{2*}; Joaquín Machado de Armas²; Onelio Fundora Herrera², Jesús Reyes Hernández¹; Ana Belkis Manes Suárez¹ y Víctor M. Valero Chongo¹

1.Facultad Agropecuaria de Montaña del Escambray

2.Centro de Investigaciones Agropecuarias. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.

E-mail: pedrocc@uclv.edu.cu

RESUMEN. Nuestro objetivo fue seleccionar propiedades para los suelos ferralítico rojo amarillento lixiviado y ferralítico rojo lixiviado utilizando el procedimiento de observar el comportamiento de los mismos bajo distintos sistemas de producción cafetaleros y el efecto de distintas enmiendas, como el residuo del beneficio húmedo del café, compost realizado del propio residuo, caliza fosfatada, caliza dolomítica y las combinaciones de los materiales orgánicos con los minerales naturales en condiciones controladas, la sensibilidad de las propiedades a los cambios externos, significado de las propiedades en el procesamiento estadístico (comparación de medias, matriz de correlaciones, componentes principales), relaciones entre las propiedades y cambios de categoría de evaluación de las propiedades pertenecientes al ecosistema montañoso ubicado en Topes de Collantes, municipio de Trinidad, provincia de Sancti Spíritus. A las muestras de suelos analizadas a la profundidad 0-20 cm se les determinó: pH(H₂O), pH(KCl), P₂O₅ y K₂O disponibles, materia orgánica, acidez hidrolítica, acidez de cambio, aluminio cambiante, permeabilidad, índice de plasticidad, agregados estables al agua y factor de estructura. De acuerdo a la metodología empleada, los indicadores seleccionados para ambos suelos resultaron coincidentes en: factor de estructura del 68 %; acidez de cambio de 2,3 cmol⁽⁺⁾.kg⁻¹; P₂O₅ asimilable de 11 mg.100 g⁻¹ y pH(KCl) de 3,9. Con estos valores se conformó un diagrama que nos permitió seleccionar cuál de los sistemas de producción establecidos y de las enmiendas organominerales alcanzaban valores inferiores, próximos o sobrepasaban en sentido positivo los propuestos, sustentados por el efecto en las t.ha⁻¹ de café oro.

Palabras clave: Indicadores de calidad del suelo, fertilidad del suelo, caféto.

ABSTRACT. Our objective was to select properties for both soils using the procedure of observing the behavior of the same first floor different coffee production systems and the effect of different amendments as the residual of the humid benefit of the coffee, carried out compost of the own residual, calcareous fosfatada, calcareous *dolomítica* and the combinations of the organic materials with the natural minerals under controlled conditions, the sensibility of the properties to the external changes, meaning of the properties in the statistical prosecution (comparison of stockings, womb of correlations, main components), relate between the properties and changes of category of evaluation of the properties in the soils leached yellowish red ferralític and leached red ferralític belonging to the mountainous ecosystem located in Topes de Collantes, Trinidad, Sancti Spíritus province. To the samples of soils analyzed to the depth 0-20 cm they were determined: pH(H₂O), pH(KCl), P₂O₅ and available K₂O, organic matter, *acidity hidrolítica*, acidity of change, changeable aluminum, permeability, index of plasticity, stable attachés to the water and structure factor. According to the used methodology, the indicators selected for both floors were coincident in: factor of structure of 68%; acidity of change of 2,3 cmol⁽⁺⁾.kg⁻¹; assimilable P₂O₅ of 11 mg.100 g⁻¹ and pH(KCl) of 3,9. With these values conformed to a diagram that allowed us to select which of the established production systems and of the amendments organominerales they reached inferior, next values or they surpass in positive sense those proposed, sustained by the effect in the t.ha-1 of coffee gold.

Key words: Indicators of quality of the soil, soil fertility, coffee.

INTRODUCCIÓN

Arshad y Coen (1992) expresan que la preocupación por la degradación del suelo y la disminución de su calidad es creciente, pero que aún no hay criterios universales para evaluar sus cambios y manifiestan que es necesario contar con variables para hacer operativo este concepto. Pero Magdoff (1997) agrega que existen algunas propiedades físicas, químicas y biológicas que pueden afectar la calidad del suelo, profundidad efectiva, el pH, la salinidad, la capacidad de intercambio catiónico, la biomasa microbiana del suelo, etc. Destaca que estas propiedades son influidas, hasta cierto punto, por la forma como se maneja el suelo y la elección de los futuros cultivos.

Por lo que Hünne Meyer *et al.* (1997) proponen un enfoque para la definición de indicadores de calidad del suelo que reflejen el carácter dinámico de los mismos en el tiempo. También Dumaski *et al.* (1998) señalan que las variables seleccionadas se conocen como indicadores, pues representan una condición y conllevan información acerca de los cambios o tendencias de esa condición. Singer y Ewing (2001) expresan que la preocupación por la calidad del suelo no es nueva. Astier *et al.* (2002), en correspondencia con NSSC *et al.* (1996) reafirman que los indicadores de calidad del suelo pueden ser propiedades físicas, químicas y biológicas, o procesos que ocurren en él.

Por lo que nuestro objetivo fue seleccionar propiedades para ambos suelos que permitieran evaluar mediante un diagrama (gráfico tipo rombo con los respectivos valores críticos resultantes de las relaciones entre las propiedades) las tendencias degradativas de los suelos por el efecto de las distintas formas de manejo y selección de las vías de mejoramiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento consistió en la evaluación de las propiedades: pH(H₂O), pH(KCl), P₂O₅ y K₂O disponibles, materia orgánica, acidez hidrolítica, acidez de cambio, aluminio cambiante, permeabilidad, límite inferior de plasticidad, límite superior de plasticidad, índice de plasticidad,

agregados estables al agua y factor de estructura hasta la profundidad de 0-20 cm en los suelos ferralítico rojo amarillento lixiviado y ferralítico rojo lixiviado pertenecientes al ecosistema montañoso ubicado en Topes de Collantes, municipio de Trinidad, provincia de Sancti Spíritus.

Fue necesario observar el comportamiento de las mismas bajo distintos sistemas de producción [agricultura migratoria y los sistemas agroforestales sombra diversa más café, guamo (*Inga vera*, Wild) más café; pino (*Pinus caribaea*, Morlet) más café; albizia (*Albizia falcataria* (L.) Fosberg) más café] comparados con un bosque pluvisilva de montaña (5 tratamientos, 4 réplicas y dos profundidades; N = 40) y el efecto de distintas enmiendas, 4 t.ha⁻¹ compost realizado del propio residuo, 4 t.ha⁻¹ caliza fosfatada, 4 t.ha⁻¹ caliza dolomítica y las combinaciones de los materiales orgánicos con los minerales naturales, comparadas con el control NPK y un testigo en condiciones controladas para ambos suelos tomados del sistema agroforestal albizia más café (10 tratamientos y 5 réplicas; N = 50) y estas dos últimas comparadas con las mejores variantes de la experiencia anterior (4 t.ha⁻¹ compost más 4 t.ha⁻¹ caliza fosfatada, 15 t.ha⁻¹ residuo del beneficio húmedo del café y este último más 4 t.ha⁻¹ de caliza dolomítica) en un experimento en condiciones de producción (5 tratamientos y tres réplicas; N = 15) para seleccionar las propiedades mediante el establecimiento de relaciones entre ellas y de estas con el peso seco de la planta indicadora y con el rendimiento del cultivo principal; la observación de la sensibilidad de las propiedades por el efecto de las enmiendas organominerales, el significado de las propiedades en el procesamiento estadístico (comparación de medias mediante la prueba de Tukey; matriz de correlaciones de Pearson con el objetivo de representar gráficamente aquellas relaciones con coeficientes R² superiores a 0,70 con nivel de significación del 95 % y 99 % para la selección de futuros valores a alcanzar por las propiedades y los componentes principales considerando que estuvieran en el primer componente y con valor superior a 0,70 y los cambios de categoría de evaluación hacia el mejoramiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los resultados de la investigación solamente mostraremos como ejemplo los relacionados con el experimento de campo, experiencia donde se validan las propiedades después de haber seleccionado los mejores tratamientos de los experimentos de las enmiendas organominerales realizados en condiciones controladas para ambos suelos en estudio.

La Figura 1 muestra la relación existente entre el pH(KCl) y el fósforo asimilable pertenecientes al análisis de suelo realizado después de tres años de aplicados los tratamientos con un valor R^2 de 0,95**

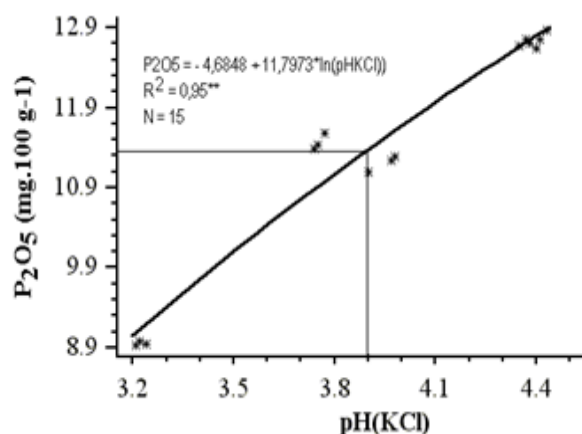


Figura 1. Relación entre el pH(KCl) y el fósforo asimilable

donde se observa que los mejores tratamientos tienen su mejor efecto a valores de pH superiores a 3,9, coincidente con el contenido de fósforo superior a los 11 mg.100 g⁻¹ y la Figura 2 la relación del indicador pH(KCl) con el rendimiento promedio en t.ha⁻¹ de café oro con un valor R^2 de 0,92** alcanzado luego de que se obtienen valores de pH(KCl) superiores a 3,9; relaciones que se realizaron siguiendo los criterios de Cairo (2001) que planteó que el establecimiento de modelos matemáticos entre las propiedades físicas y químicas y de estas con los indicadores del crecimiento de una planta indicadora y el rendimiento de un cultivo permite argumentar con mayor precisión complejas relaciones en que se intercalan las propiedades.

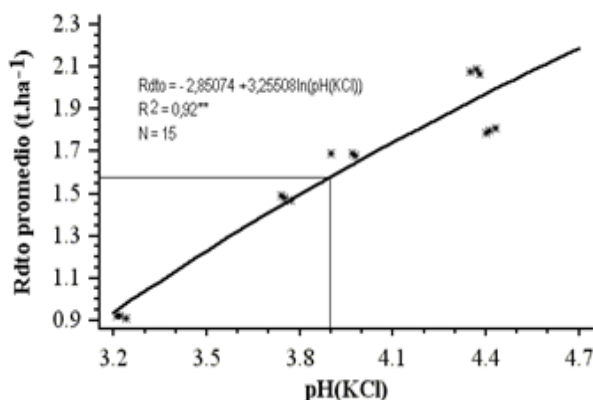


Figura 2. Relación entre el pH(KCl) y el rendimiento promedio de tres años de café oro en t.ha⁻¹

Tabla 1. Ejemplo de los criterios a tener en cuenta para la selección de las propiedades del suelo como indicadores de la degradación y el mejoramiento

Experimento	Indicadores	Por cientos de correlaciones significativas del total de indicadores	Sensibilidad y cambio de categoría	Componentes principales
Experimento de campo Suelo: ferralítico rojo lixiviado 14 Indicadores	pH(KCl)	92,86	3,22-4,41 De muy ácido a ácido	1 ^{er} Componente 0,973
	P ₂ O ₅ (mg.100 g ⁻¹)	85,71	8,95-12,75 De mediano a alto	1 ^{er} Componente 0,920
	Y ₂ (cmol(+).kg ⁻¹)	78,57	3,15-1,75 De alta a media	1 ^{er} Componente - 0,923
	Factor de estructura (%)	78,57	59,23-70,54 De regular a bueno	1 ^{er} Componente 0,974

De acuerdo a la metodología empleada, las propiedades seleccionados para ambos suelos resultaron coincidentes en: factor de estructura del 68 %; acidez de cambio de 2,3 cmol(+).kg⁻¹; P₂O₅ asimilable de 11 mg.100 g⁻¹ y pH(KCl) de 3,9. Con estos valores se conformó un modelo (gráfico tipo

rombo) que nos permitió seleccionar cuál de los sistemas de producción establecidos y de las enmiendas organominerales se quedaban por debajo de los valores críticos alcanzados por estas, cuáles llegaban a alcanzarlos o cuáles lo sobrepasan con valores superiores de pH(KCl), P₂O₅ asimilable y

factor de estructura en % e inferiores de acidez de cambio, sustentados por el efecto en las t.ha⁻¹ de café oro (Figura 3).

En las figuras de la 4 a la 8 se ilustran las tendencias de los distintos tratamientos con respecto al diagrama de indicadores de calidad, comparados con el testigo (experimento en condiciones de producción). Existe un desplazamiento en sentido negativo con respecto al diagrama tanto para el testigo como para el tratamiento control (NPK), (Figuras 4 y 5).

Se alcanzan valores aproximados al diagrama de indicadores en el tratamiento donde se aplicó 15 t.ha⁻¹ de residuo del beneficio húmedo del café (Figura 6) y se logran resultados positivos con los tratamientos: 4 t.ha⁻¹ de compost más 4 t.ha⁻¹ de caliza fosfatada y 15 t.ha⁻¹ de residuo del beneficio húmedo del café más 4 t.ha⁻¹ de caliza dolomítica (figuras 7 y 8).

Este estudio reafirma los planteamientos realizados por Pérez (1997) al referirse a la necesidad de considerar el aporte de abonos orgánicos a partir de la pulpa de café; Goya (1998) sobre los beneficios que reporta el uso de los minerales naturales sobre la fertilidad del suelo y Rodríguez y Pérez (1999), que al hacer uso de estos productos también obtuvieron respuesta directa y favorable en el rendimiento de los cultivos.

Berroterán y Zinck (2000) , expresan que los indicadores que sean seleccionados deben indicar su comportamiento hacia procesos, estado y tendencia de los sistemas en el ámbito de finca, región, nación o todo el mundo, y se seleccionan sobre la base de criterios de diagnósticos que permitan escoger los factores y relaciones causa-efecto en el sistema.

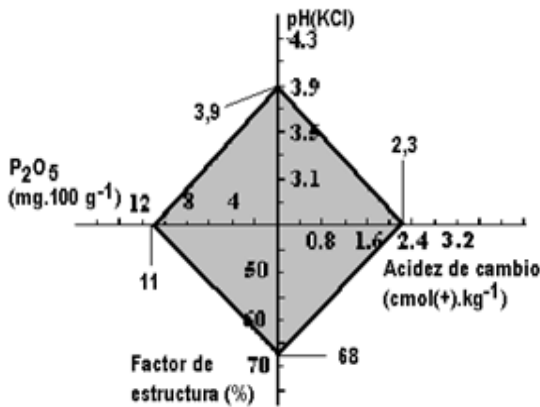


Figura 3. Diagrama confeccionado con los valores críticos alcanzados por los indicadores seleccionados

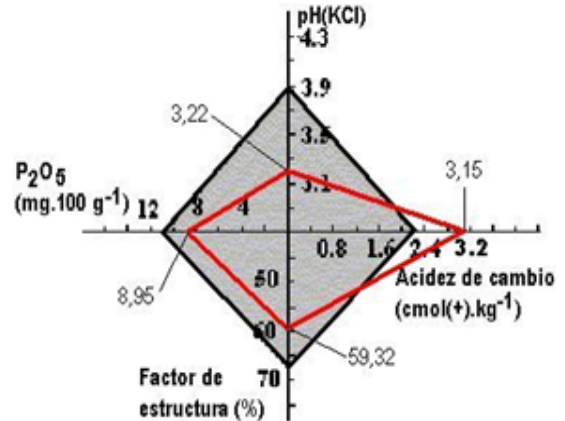


Figura 4. Diagrama de indicadores y el tratamiento testigo

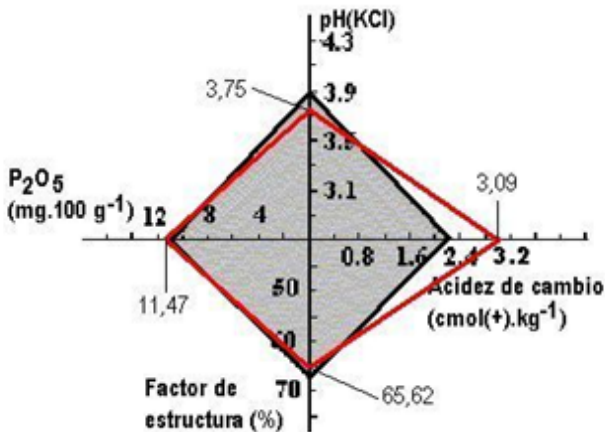


Figura 5. Diagrama de indicadores y el tratamiento control de NPK

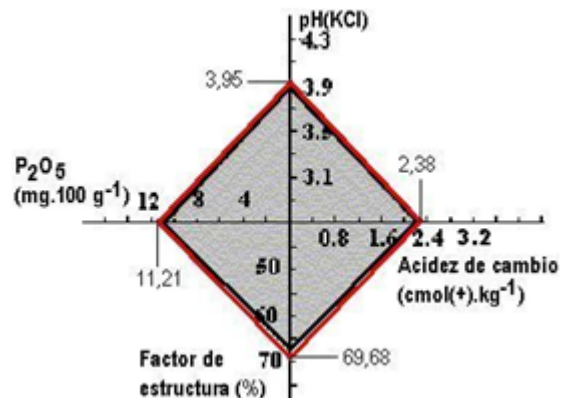


Figura 6. Diagrama de indicadores y el tratamiento 15 t.ha⁻¹ de residuo del beneficio húmedo del café

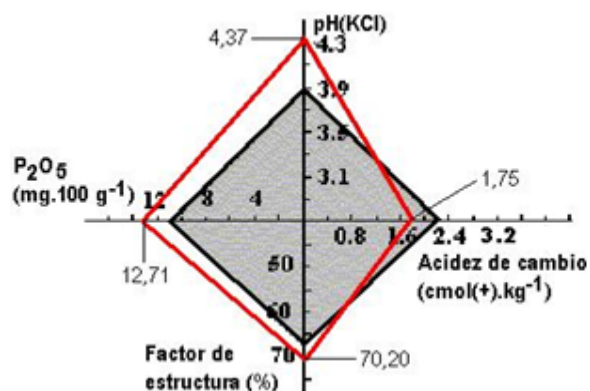


Figura 7. Diagrama de indicadores y el tratamiento 4 t.ha⁻¹ de compost + 4 t.ha⁻¹ de caliza fosfatada

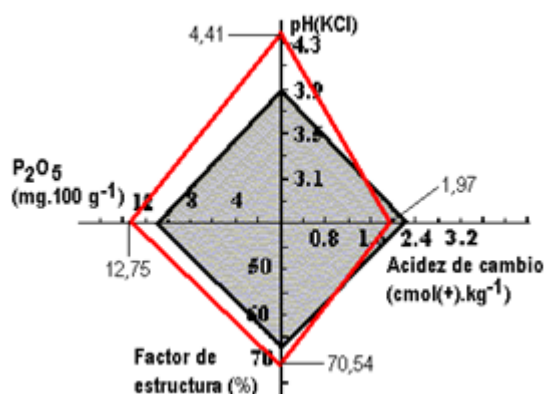


Figura 8. Diagrama de indicadores y el tratamiento 15 t.ha⁻¹ de residuo del beneficio húmedo más 4 t.ha⁻¹ de caliza dolomítica

CONCLUSIONES

1. Resulta muy factible seleccionar propiedades del suelo utilizando las herramientas estadísticas puestas de manifiesto en la investigación para conformar un diagrama (ilustración gráfica) que permita diagnosticar las distintas tendencias de degradación, así como la selección de las mejores vías para el mejoramiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arshad, M. A. and G. M. Coen: "Characterization of soil quality: Physical and chemical criteria. *American Journal of Alternative Agriculture*, 7: 25-31, 1992.

2. Astier, C. M.; M. Mass-Moreno y B. J. Etchevers: "Derivación de indicadores de calidad de suelo en el contexto de la agricultura sustentable." *Agrociencia*, 36: 605-620, 2002.

3. Berroterán, J. y J. Zinck: "Indicadores de la sostenibilidad agrícola nacional cerealera. Caso Estudio. Venezuela. *Revista Facultad Agronomía*, 17: 139-155, 2002.

4. Cairo, P.: *La fertilidad física del suelo y la agricultura orgánica en el trópico*, Santa Clara, Cuba, 2001.

5. Dumaski, J.; S. Gameda y C. Pieri: *Indicators of land quality and sustainable land management*. Washington D.C., The World Bank, 1998.

6. Goya, Sonia Alejandra: *Propuesta para*

mejoramiento de la fertilidad de los suelos en el municipio de Manicaragua. Tesis presentada en opción al título académico de Máster en Agricultura, 1998.

7. Hünemeyer, J. A.; R. D. Camino y S. Muller: *Análisis del desarrollo sostenible en Centroamérica: indicadores para la agricultura y los recursos naturales*. San José, Costa Rica, IICA/GTZ, 1997.

8. Magdoff, F.: Calidad y manejo del suelo, en Grupo Gestor Asociación Cubana de Agricultura Orgánica (Ed.), *Bases científicas para una agricultura sustentable*, 211 pp., Consorcio Latinoamericano sobre Agroecología y Desarrollo, La Habana, 1997.

9. NSSC, SQI, NRCS, USDA y NSTL: *Indicators for Soil Quality Evaluation. USDA Natural Resources Conservation Service*. Washington, D.C., Soil Quality Institute, 1996.

10. Pérez, A.: *Sustitución de fertilizantes minerales por materia orgánica en la producción de semillas de Rhodes callida*, Trabajo presentado en III Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica, Santa Clara, Cuba, 1997.

11. Rodríguez, D. y L. Pérez: *Efecto integral de minerales y compost en suelos oscuros plásticos*, Trabajo de curso, UCLV, Santa Clara, Cuba, 1999.

Recibido: 4/12/2008

Aceptado: 26/2/2009