

## ARTICULOS GENERALES

# Selección de Indicadores de calidad de un suelo ferralítico Rojo (Oxisol) de la región central de Cuba

## Quality indicators selection of a Red Ferralitic (Oxisol) soil of the central region of Cuba

Ariany Colás Sánchez<sup>1</sup>, Pedro Cairo Cairo<sup>1</sup>, Joaquín Machado de Armas<sup>2</sup>, Yanetsy Ruiz González<sup>2</sup>, Pedro Torres Artiles<sup>1</sup>.

1. Centro de Investigaciones Agropecuarias. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Teléfono: 28 1520

2. Departamento de Agronomía. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Cuba

E-mail: arianycs@uclv.edu.cu

---

**RESUMEN.** El trabajo se realizó en el Centro de Investigaciones Agropecuarias de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas con vistas a seleccionar mediante el análisis multivariado, indicadores de calidad para los suelos ferralíticos rojos de la región central de Cuba y elaborar a partir de estos un diagrama de calidad. El muestreo se llevó a cabo a la profundidad de 0-20 cm y se establecieron 5 experimentos en condiciones controladas: dosis de fosforita, combinaciones de compost y minerales naturales (ceniza, zeolita, dolomita, caliza fosfatada), abonos órgano-minerales, dosis de gallinaza y caliza fosfatada y su combinación con zeolita, compost, cachaza y ceniza; utilizando como planta indicadora el maíz (*Zea mays* L.). Para el procesamiento estadístico se utilizó el paquete de programas profesional STATGRAPHICS Plus Versión 4.1 y SPSS ver. 8.0 sobre Windows 2000. Los resultados obtenidos revelaron que los indicadores más adecuados para diagnosticar la calidad de los suelos ferralíticos rojos fueron: permeabilidad (log 10k 2,4), agregados estables (74 %), factor de estructura (75 %) y el límite inferior de plasticidad (27 % hbss) y que a partir de estos se puede establecer un diagrama de calidad para dichos suelos, que al validarlo demuestra que es posible la aplicación de dichos resultados para diagnosticar el estado de la calidad de los suelos de la región en estudio.

**Palabras clave:** Calidad del suelo, propiedades físicas y químicas.

**ABSTRACT.** The study was conducted at Agricultural Research Center, Central University "Marta Abreu" de Las Villas in order to be selected by multivariate analysis, indicators of quality for red Ferralitic soils of central Cuba and develop from these a diagram of quality. Sampling was carried out at a depth of 0 - 20 cm and 5 experiments were established under controlled conditions: phosphorite dose, combinations of compost and natural minerals (ash, zeolite, dolomite, limestone, phosphate), organic minerals fertilizer, chicken manure and lime phosphate dose and its combination with zeolite, compost, filter cake and ash, using as an indicator plant maize (*Zea mays* L.). Statistical processing was used professional software package STATGRAPHICS Plus version 4.1 and SPSS. 8.0 on Windows 2000. The results revealed that the most appropriate indicators to diagnose soil quality Ferralitic Reds were: permeability (10k log 2.4), stable aggregates (74%), structure factor (75%) and the lower limit of plasticity (27% HBSS) and from these you can set a chart of quality for these soils, that shows that it is possible to validate the application of these results to diagnose the state of soil quality in the region under study.

**Key words:** Soil quality, physical and chemical properties.

## INTRODUCCIÓN

En Cuba los suelos ferralíticos constituyen un gran potencial agrícola, Gounou (1997). Estos han sido estudiados por diferentes investigadores [Camacho, (1984); Frómata, (1988); Alonso, (1997)]. Sin embargo, en los últimos años el manejo a que han sido sometidos ha producido afectaciones en sus propiedades físicas, como se ha podido comprobar

en las Empresas de Cultivos Varios y en áreas cañeras, que han provocando disminuciones significativas en los rendimientos de los cultivos.

Los suelos con grandes limitantes para la producción de cultivos, son los que más necesitan de la aplicación de una agricultura orgánica, entre estos,

los suelos ferralíticos rojos poseen limitaciones agrícola por su acidez, muchas veces por debajo de 5,5 de pH, unido a la compactación y riesgos de erosión por su degradación física (Pineda, 2002). Según Torstensson *et al.* (1998) el bienestar económico de la mayoría de las naciones en la tierra depende grandemente de los suelos cultivables y de cómo su productividad es mantenida. La calidad del suelo puede mejorar o deteriorarse en dependencia de la influencia de otros factores y además plantean la necesidad de herramientas para interpretar los diferentes datos de la calidad del suelo, así como de una estrategia para la evaluación integrada del mismo.

Interpretar y predecir los efectos del manejo sobre la calidad del suelo a través de indicadores confiables y sensibles constituye una de las principales finalidades de la moderna ciencia del suelo (Dalurzo *et al.*, 2002)

Teniendo en cuenta lo planteado nuestra investigación estuvo encaminada a: Seleccionar mediante el análisis multivariado indicadores de calidad para los suelos ferralíticos rojos de la región central de Cuba y elaborar a partir de estos un diagrama de calidad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el Centro de Investigaciones Agropecuarias, adjunto a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

El sustrato utilizado en el estudio fue un suelo ferralítico rojo compactado (Hernández *et al.* 1999., Hernández *et al.*, 2005) tomado de un área de explotación intensiva perteneciente a la empresa de Cultivos Varios "Remedios", el muestreo se realizó a la profundidad comprendida entre los 0-20 cm, el suelo fue secado al aire y tamizado a (4 mm.

Los experimentos se realizaron en condiciones controladas, en cada una de las macetas se puso 1 kg de este suelo y se sembraron 8 semillas de maíz (*Zea mays* L.), como planta indicadora. El suelo se mantuvo al 80 % CC, luego de transcurridos 35 días después de la germinación; las plantas fueron cortadas y se les determinó: altura (cm), peso fresco (g) y peso seco (g).

El suelo de las bolsas se secó al aire libre, una parte de este fue tamizado por un tamiz de 0,5 mm para realizar los análisis químicos y el resto por un tamiz de 2 mm para realizar los análisis físicos. El diseño experimental utilizado fue el completamente aleatorio. Cada experimento se replicó 4 veces.

**Experimento 1** (0, 2, 4, 6, 8 y 10  $\text{tha}^{-1}$  de Fosforita).

**Experimento 2** [Testigo, NPK (75, 35 y 110  $\text{kg ha}^{-1}$ ), Compost 4 $\text{tha}^{-1}$  + (Zeolita 4 $\text{tha}^{-1}$ , Caliza fosfatada 4 $\text{tha}^{-1}$ , Fosforita 4 $\text{tha}^{-1}$ , Ceniza 10  $\text{tha}^{-1}$ ,  $\text{CO}_3\text{Ca}$  4  $\text{tha}^{-1}$  y Dolomita 4 $\text{tha}^{-1}$ ].

**Experimento 3** [Testigo, NPK (50-50-50  $\text{kg ha}^{-1}$ ), Compost + Zeolita, Compost + Dolomita, Humus + Zeolita, Humus + Dolomita, Cachaza + Zeolita, Cachaza + Dolomita] se establecieron las siguientes combinaciones aplicando de cada una 4  $\text{tha}^{-1}$  (3:1).

**Experimento 4** (0, 2, 4, 6, 8, 10  $\text{tha}^{-1}$  de Gallinaza).

**Experimento 5** [Testigo, NPK (75-35-110  $\text{kg ha}^{-1}$ ), Caliza Fosfatada 4  $\text{tha}^{-1}$ , Caliza Fosfatada 4  $\text{tha}^{-1}$  + K, NK, NPK, Cachaza 50  $\text{tha}^{-1}$ , Compost 4  $\text{tha}^{-1}$ , Ceniza 10  $\text{tha}^{-1}$ , Zeolita 4  $\text{tha}^{-1}$ ].

### Análisis realizados

#### Análisis Químicos

-pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ) y pH (KCl): método potenciométrico con una relación suelo-solución 1:2,5.

- $\text{P}_2\text{O}_5$  y  $\text{K}_2\text{O}$  asimilables: Según Oniani.

-Materia Orgánica: se determinó por colorimetría según Walkley y Black.

#### Análisis Físicos

**Coefficiente de Permeabilidad (log 10k):** Se determinó según el método de Henin *et al.* (1958) citado por Cairo y Fundora (1994).

-Factor de estructura (FE): Según Vageler y Alten citado por Cairo, (2001)

-Agregados Estables al Agua (AE): según Henin *et al.* (1958) citado por Cairo 2000a].

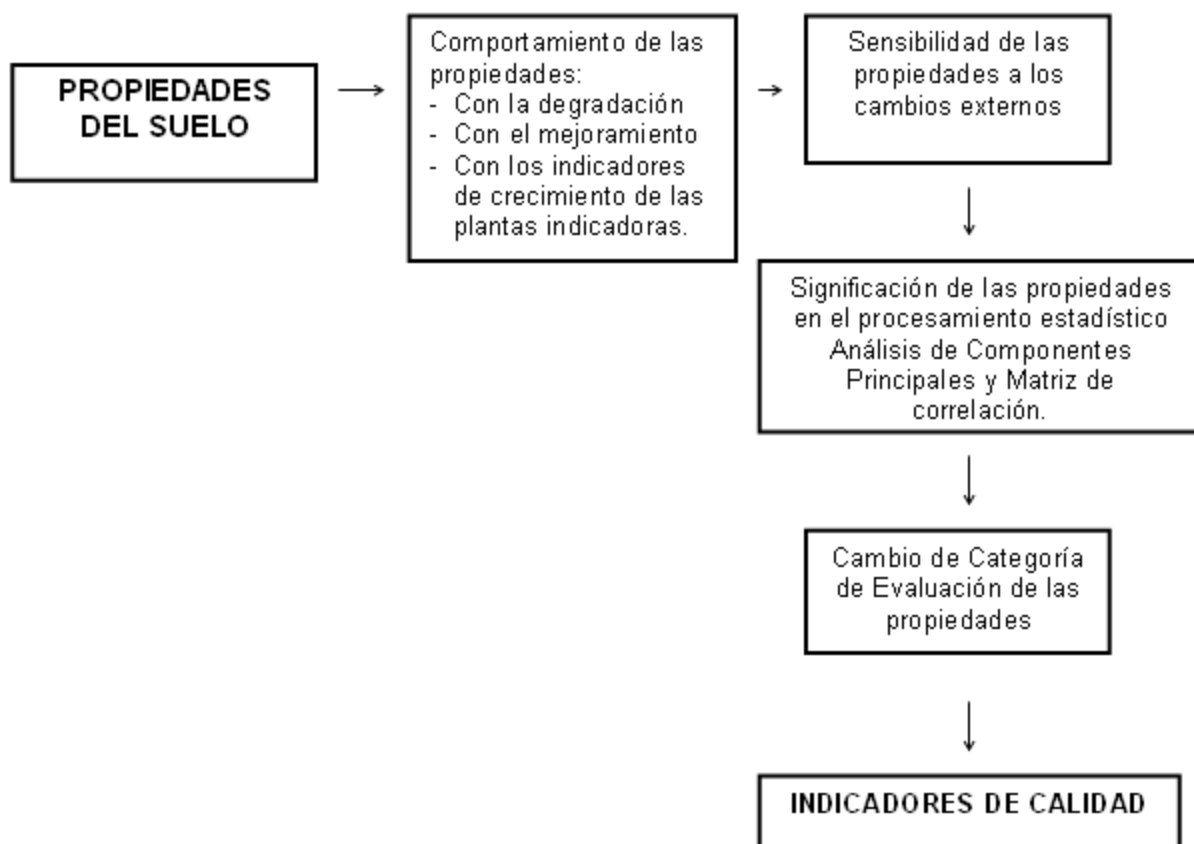
-Límite Superior de Plasticidad (LSP): mediante el método del Cono de Balancín de Basiliev.

-Límite Inferior de Plasticidad (LIP): mediante el método de los rollitos de Atterberg.

-Índice de plasticidad (IP): se determinó por la diferencia numérica entre los límites superior e inferior.

## Selección de Indicadores

La metodología utilizada para la selección de los indicadores fue la propuesta por Morales y Díaz (2003) y Reyes (2006).



### Validación del diagrama

En la validación del diagrama propuesto para el suelo ferralítico rojo compactado se seleccionaron campos de producción con diferentes sistemas de manejos típicos, en zonas aledañas a la del muestreo, estos incluyeron: Agricultura Convencional (Cultivos Varios; dedicados fundamentalmente a papa (*Solanum tuberosum* Sw.) y plátano (*Musa* sp) con 43 años de establecido, caña de azúcar (*Saccharum* spp.) con 50 años de establecido; y bosque natural con 65 años de establecido; como referencia.

Para el diagnóstico del estado de calidad de los suelos se tomaron 5 réplicas de 4 zonas de muestreo a la profundidad de 0-20 cm, las mismas fueron preparadas para realizar el análisis correspondiente teniendo en cuenta los indicadores de calidad seleccionados.

### Procesamiento estadístico

A partir de los análisis realizados a los experimentos, se construyó una base de datos fundamental para establecer las relaciones entre las propiedades.

Se utilizó el paquete de programas profesional STATGRAPHICS Plus Versión 5.0 y SPSS ver 11.0 sobre Windows 2000. Se estableció una matriz de correlación con el objetivo de discriminar aquellas variables que no tenían un alto porcentaje de correlación con el resto, se realizó el análisis de componentes principales y se establecieron análisis de regresión, para determinar la relación existente entre las propiedades y el grado de dependencia entre las mismas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Relaciones entre algunas propiedades físicas y químicas bajo la influencia de algunas enmiendas órgano minerales

En la experiencia realizada con las diferentes alternativas de mejoramiento se logró en sentido general que los indicadores físicos FE, LIP, AE y log 10k se ubicaran en el primer componente (Tabla 6) para el caso del experimento en que se aplican las dosis de fosforita, se logra agrupar a todos los indicadores en un mismo componente, que representa el 85,87 % de la varianza total; sobresalen log 10k, FE, LIP y la Altura, respectivamente, con valores de coeficiente de correlación de las variables con el componente; por encima del 95 %, lo cual concuerda con los altos coeficientes de correlación existentes entre la altura y estos indicadores de crecimiento (Figura 2-4) y además demuestra que dichos parámetros tienen una alta sensibilidad a los cambios originados en el suelo y por consiguiente su estudio puede dar criterios sobre la calidad de este tipo de suelo. La altura ocupa un lugar representativo en este componente poniéndose de manifiesto lo planteado por Torstensson *et al.* (1998) quienes afirman que aunque los rendimientos de los cultivos no dependen únicamente de los factores de la calidad del suelo, se mejoran notablemente cuando son optimizados los indicadores que pueden estar afectados junto con medidas a corto plazo.

Lo mismo sucede con el experimento en el que se aplican las combinaciones de abonos orgánicos y minerales naturales con el compost, para este caso el primer componente está encabezado por los indicadores físicos con 59,14 % de la varianza total, constituye ello un elemento que corrobora que el FE, LIP, AE y log 10k pueden ser considerados indicadores de calidad del suelo ferralítico rojo compactado, dada su sensibilidad bajo la aplicación de las diferentes enmiendas, al respecto Singer y Ewing (2000) plantean que las características físicas del suelo son una parte necesaria en la evaluación de la calidad de este recurso porque no se pueden mejorar fácilmente. Para el caso del experimento en el que se aplican las combinaciones órgano-minerales se obtienen resultados muy similares

### Análisis de componentes principales, experimento dosis de gallinaza.

En el análisis de componentes principales para el experimento de dosis de gallinaza se agrupan dos componentes que explican un 77,58 % de varianza total, en el primer componente sobresalen los indicadores físicos, con un 58.59 % de la varianza (Tabla 17 y 18). León (2003) demostró que la aplicación de materia orgánica, en este caso la gallinaza, influyó positivamente en el estado estructural del suelo incrementando significativamente el índice de permeabilidad así como los agregados estables al agua con respecto al estado inicial, resultados muy similares a los obtenidos en esta investigación.

Stenberg (1998) al evaluar aspectos físicos, químicos y biológicos de los suelos destacó la importancia de las técnicas de análisis multivariado (componentes principales), las cuales facilitaron la clasificación de los suelos en tres categorías: buena, normal y baja calidad. Wander y Bollero (1999) también utilizaron análisis multivariado para evaluar cambios en la calidad de los suelos por efecto de la siembra directa.

### Análisis de componentes principales, experimento combinaciones de la caliza fosfatada con materiales minerales y orgánicos

Para el caso del experimento en que se aplica la caliza fosfatada combinada con materiales orgánicos y fertilizantes, se agrupan 3 componentes que explican el 82 % de la varianza total del experimento (Tabla 9 y 10). En el primer componente sobresalen FE, LIP, AE y log 10k en el que se agrupa el 52,87 % de la varianza lo que demuestran que estos indicadores se ven notablemente influenciados por el efecto de los tratamientos. Se pone de manifiesto una vez más lo planteado por Bolinder *et al.* (1999), quienes señalaron que la respuesta que se obtiene de distintos indicadores de la calidad del suelo a diferentes prácticas de manejo resulta clave para identificar aquellos más sensibles. Todos estos criterios demuestran que estas propiedades pueden ser seleccionadas como indicadores de calidad para estos suelos y lo planteado por Bautista (2001), quien propuso como indicadores de calidad del suelo, en bosques mesófilos de la Sierra Norte de Oaxaca, a las propiedades que resultaron tener un mayor peso dentro de un análisis de componentes.

Tabla 1. Componentes principales experimento dosis de gallinaza

Componente	Total	% de la varianza	% acumulado
1	5,273	58,591	58,591
2	1,709	18,985	77,576

Tabla 2. Matriz de Componentes principales experimento dosis de gallinaza

	Componentes	
	1	2
LIP	.957	
AE	.950	
FE	.889	
log 10k	.867	
IP	-.864	
pH(KCl)	.750	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.687	
LSP		.843
K <sub>2</sub> O		.795

Tabla 3. Componentes principales experimento con niveles de Caliza fosfatada

Componente	Total	% de la varianza	% acumulado
1	4,758	52,869	52,869
2	1,516	16,845	69,713
3	1,179	13,102	82,815

Tabla 4. Matriz de componentes experimento con niveles de Caliza fosfatada

	Componentes		
	1	2	3
log 10k	.945		
LIP	.938		
FE	.905		
AE	.891		
pH(H <sub>2</sub> O)	-.788		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.715		
pH (KCl)		.774	
K <sub>2</sub> O		.635	
% MO			-.740

Relaciones entre las propiedades físicas y los indicadores de crecimiento de las plantas de maíz. Las ecuaciones y valores de R<sup>2</sup> entre 0,85-0,94 % expresan la relación positiva existente entre los indicadores de crecimiento de las plantas de maíz y el Límite Inferior de Plasticidad, Factor de Estructura e Índice de Permeabilidad (Figura 1-4).

En sentido general la altura de la planta muestra una tendencia al aumento a medida que se incrementan los indicadores físicos, cuando se relaciona con la permeabilidad, los mayores aumentos se logran con valores por encima de 2,4 (índice evaluado como excelente), en el caso del factor de estructura con valores muy cercanos al 80 % y para el límite inferior

de plasticidad alrededor de 29 %; lo cual evidencia que las mejoras en las condiciones estructurales del suelo influyen sobre el buen desarrollo de la planta, lo mismo ocurre para el caso del Peso Fresco en todos los tratamientos en que se aplica la fosforita. Nuestros resultados concuerdan con los obtenidos por Crespo y Fraga (2005) en un estudio sobre el efecto de fertilizante mineral y orgánico en el mejoramiento de un campo forrajero de King grass (*Pennisetum purpureum P. thiphoideo*), en un suelo ferralítico rojo, lograron aumentos notables en la altura y demostraron que aplicando 25 tha<sup>-1</sup> de abonos orgánico + fertilizante mineral, se logran aumentar los rendimientos del cultivo, así como el contenido de MO, N y K en el suelo.

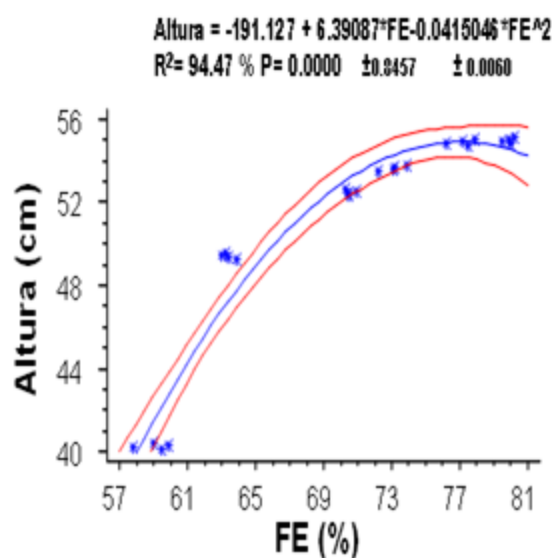
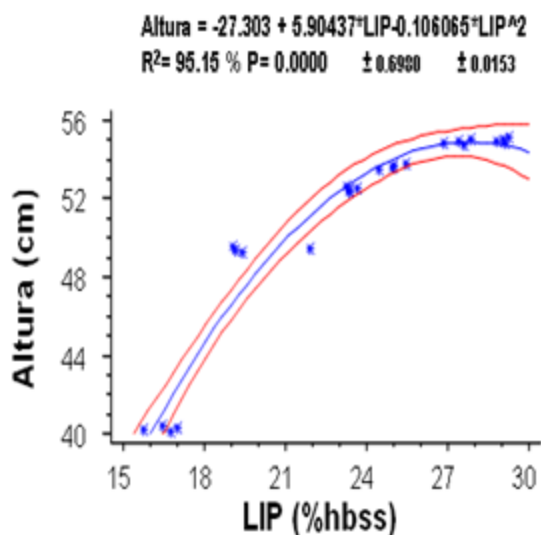
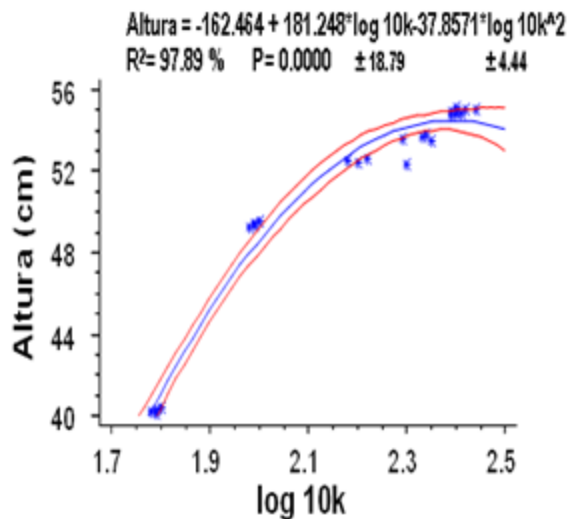
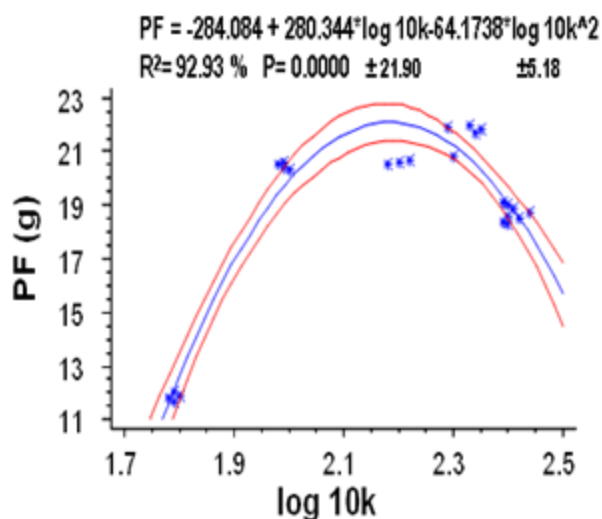


Figura 3. Relación entre la Altura y el Límite Inferior de Plasticidad

Figura 4. Relación entre la Altura y el Factor de Estructura

**Selección y Validación de los indicadores de calidad**

Bolinder *et al.* (1999) señalaron que la respuesta que se obtiene de distintos indicadores de la calidad del suelo a diferentes prácticas de manejo resulta clave para identificar aquellos más sensibles y los que, por consiguiente pueden resultar indicadores de calidad.

Para la determinación de estos indicadores de calidad fueron tenidas en cuenta las consideraciones siguientes: a) Sensibilidad a los cambios originados en el suelo, b) Alto grado de relación con el resto de indicadores evaluados en la matriz, c) Las relaciones entre las propiedades y con los

componentes de las plantas indicadoras, d) Posición de las propiedades por componentes y su coeficiente de correlación de las variables con el componente.

A partir de este análisis se seleccionaron 4 indicadores de calidad para el suelo objeto de estudio, ellos fueron: permeabilidad (log 10k), agregados estables (%), factor de estructura (%) y el límite inferior de plasticidad (%hbss), los cuales constituyen elementos importantes para diagnosticar este tipo de suelo. Esta decisión, surge como resultado de los análisis realizados para los diferentes experimentos y el efecto de las diferentes enmiendas sobre las propiedades y los indicadores del

crecimiento de las plantas; así como los valores de R<sup>2</sup> alcanzados en las relaciones entre las propiedades, conjuntamente con los resultados obtenidos en el análisis de componentes principales (Tabla 12) la cual muestra que para lo mayoría de los indicadores propuestos se logra un alto porcentaje de correlación en la matriz y que además constituyen indicadores sensibles a los cambios, sensibilidad que se traduce en cambios de categorías al aplicar los materiales.

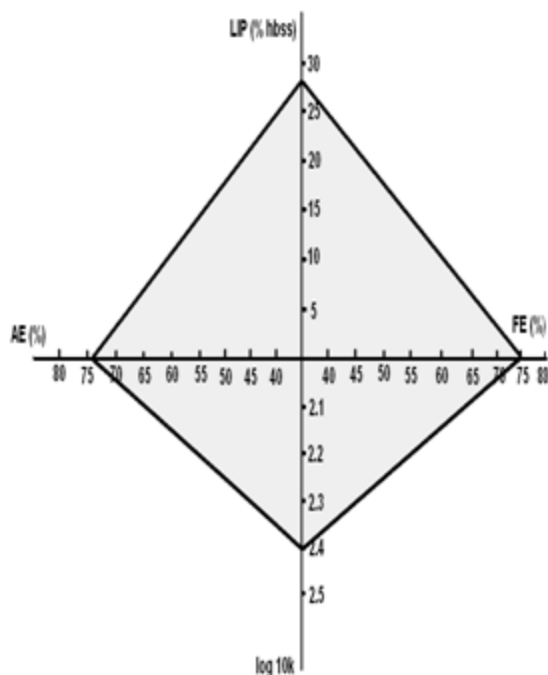
Los valores claves escogidos para la confección del diagrama de calidad (Figura 9), incluyen la selección de las mejores alternativas para minimizar los problemas degradativos del suelo estudiado y para lograr mejor calidad del mismo y deben estar en un rango de: (FE 75%, log 10k 2.4, AE 74% y LIP 27% hbss).

**Validación del diagrama de calidad propuesto**

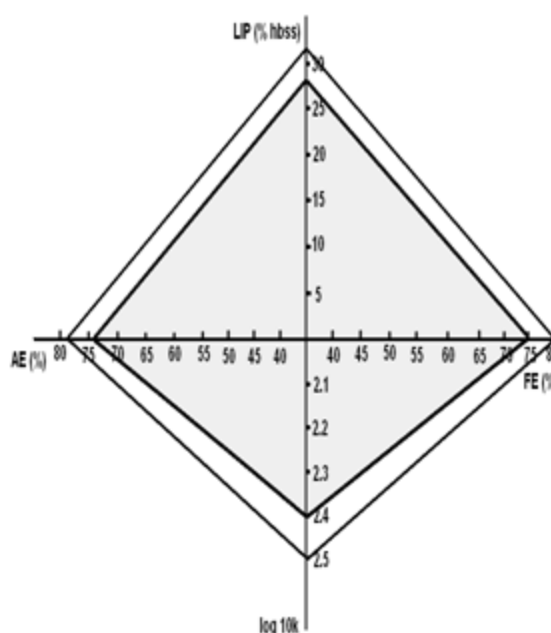
Los valores de los indicadores para cada uno de los sistemas de validación y el tiempo de establecido de los mismos (Tabla 11), más las comparaciones entre el diagrama propuesto y las áreas escogidas para la validación (Figuras 10-12) muestran que para el sistema bosque en condición del suelo natural sin acción antropogénica (Hernández, 2006) se logra que sobrepase el rango en sentido positivo, poniéndose de manifiesto la importancia de la cobertura vegetal y el aporte continuo de materia orgánica, lo cual contribuye a la formación de un suelo ideal; todo lo contrario ocurre al comparar el sistema en el que se establece la Agricultura Convencional, para este caso el diagrama se desplaza pero en sentido negativo al propuesto, al igual que para el sistema caña, ambos demuestran que es necesario establecer en ellos un nuevo manejo que logre alcanzar la sostenibilidad y que eso se traduzca en lograr la calidad del suelo estudiado.

**Tabla 5. Valores de los indicadores propuestos en los diferentes sistemas de validación**

Sistema de Manejo	Tiempo de Establecidos (Año)	log 10k	FE (%)	AE (%)	LIP (%)
Bosque	65	2,50	80	78	33
Caña	50	1,90	56	55	30
Agricultura Convencional	43	2,23	62	70	23



**Figura 5. Diagrama de Indicadores de Calidad Propuesto para el Suelo Ferralítico Rojo Compactado**



**Figura 6. Sistema Bosque**

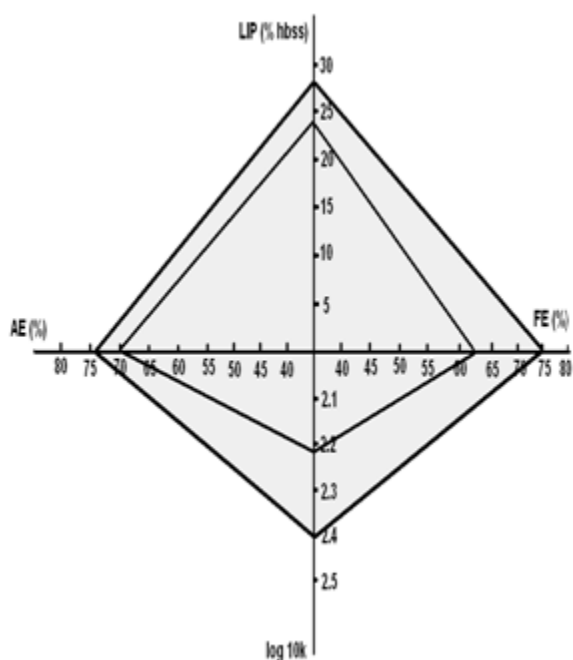


Figura 7. Sistema Agricultura Convencional

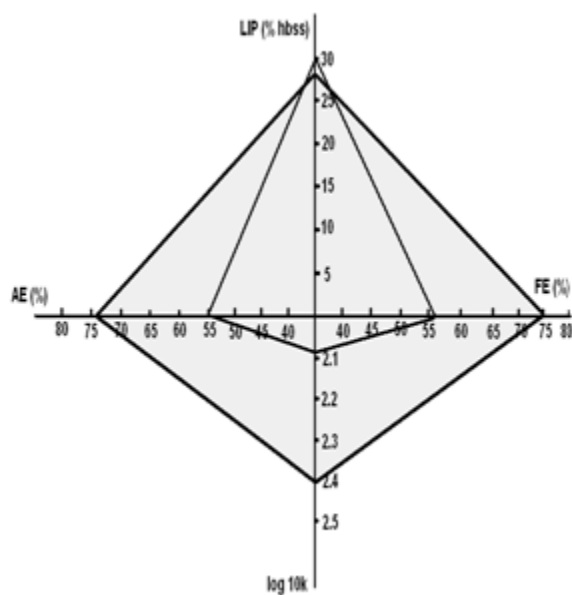


Figura 8. Sistema Caña

Tabla 6. Interpretación de análisis estadísticos de los indicadores de calidad seleccionados

Experimento	Indicador	% de Correlaciones Significativas del total	Sensibilidad y Cambio de Categoría	Componentes Principales
<b>Estudio de niveles de Fosforita (12 indicadores)</b>	log 10k	100	1,79-2,44 (Adecuado-Excelente)	1 <sup>er</sup> Componente 0,99%
	FE	100	59,86-80,18 (Regular-Excelente)	1 <sup>er</sup> Componente 0,98%
	AE	90	65,88-81,46 (Bueno-Excelente)	1 <sup>er</sup> Componente 0,91%
	LIP	100	16,99-29,23 (Bajo-Bueno)*	1 <sup>er</sup> Componente 0,98%
<b>Estudio de combinaciones de compost (9 indicadores)</b>	log 10k	87,50	1,98-2,72 (Adecuado-Excelente)	1 <sup>er</sup> Componente 0,88%
	FE	75,00	60,15-76,49 (Regular-Bueno)	1 <sup>er</sup> Componente 0,85%
	AE	75,00	60,33-79,16 (Bueno-Excelente)	1 <sup>er</sup> Componente 0,91%
	LIP	87,50	18,81-26,98 (Bajo-Bueno)*	1 <sup>er</sup> Componente 0,95%
<b>Estudio de combinaciones organo minerales (9 indicadores)</b>	log 10k	62,50	1,96-2,51 (Adecuado-Excelente)	1 <sup>er</sup> Componente 0,88%
	FE	62,50	64,95-80,55 (Regular-Excelente)	1 <sup>er</sup> Componente 0,82%
	AE	75,00	64,74-85,02 (Bueno-Excelente)	1 <sup>er</sup> Componente 0,80%
	LIP	62,50	23,11-31,00 (Regular-Bueno)*	1 <sup>er</sup> Componente 0,71%
<b>Estudio de niveles de gallinaza (9 indicadores)</b>	log 10k	77,77	1,80-2,64 (Adecuado-Excelente)	1 <sup>er</sup> Componente 0,87%
	FE	44,44	59,61-73,46 (Regular-Bueno)	1 <sup>er</sup> Componente 0,89%
	AE	44,44	69,97-83,4 (Bueno-Excelente)	1 <sup>er</sup> Componente 0,95%
	LIP	33,33	20,97-30,20 (Regular-Bueno)*	1 <sup>er</sup> Componente 0,96%
<b>Aplicación de Caliza Fosfatada y su interacción con otros materiales (9 Indicadores)</b>	log 10k	75,00	1,97-2,60 (Adecuado-Excelente)	1 <sup>er</sup> Componente 0,95%
	FE	62,50	60,97-79,49 (Regular-Excelente)	1 <sup>er</sup> Componente 0,91%
	AE	62,50	61,68-78,86 (Bueno-Excelente)	1 <sup>er</sup> Componente 0,89%
	LIP	75,00	18,38-27,48 (Bajo-Bueno)*	1 <sup>er</sup> Componente 0,94%

\*Referido a las arcillas de hidróxidos y caolinita



## CONCLUSIONES

1. Los estudios realizados en los suelos ferralíticos rojos compactados demuestran que los indicadores más adecuados para diagnosticar su calidad son: Permeabilidad (log 10k), Agregados Estables (AE), Factor de Estructura (FE) y el Límite Inferior de Plasticidad (LIP).

2. El diagrama de calidad está representado por los valores estimados Factor de Estructura (FE 75 %), Permeabilidad (log 10k 2,4), Agregados Estables (AE 74 %) y Límite Inferior de Plasticidad (LIP 27% hbss).

3. La validación del diagrama demuestra que es posible la aplicación de dichos resultados para diagnosticar el estado de la calidad de los suelos ferralíticos rojos compactados de la región en estudio.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **Alonso, Carmen:** Influencia de tres sistemas de cultivo en algunas propiedades físicas de suelos Ferralíticos Rojos, Tesis presentada en opción al título de Master en Ciencias Agrícolas, Facultad de Agronomía, UNAH, 85pp., 1997.
2. **Bautista C., M. A.:** Indicadores de calidad del suelo en tres cronosecuencias de bosque mesófilo, Sierra Norte, Oaxaca. Tesis MC. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx, 2001.
3. **Beare, M.; P. Hendrix and D. Coleman:** “Water-stable aggregates and organic matter fractions in conventional and no tillage soils”. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58:777-786, 1994.
4. **Bolinder M.; D. Angers; E. Gregorich and M. Carter:** “The response of soil quality indicators to conservation management”. *Canadian Journal of Soil Science* 79:37-45, 1999.
5. **Cairo, P y O. Fundora:** Edafología. Ed. Pueblo y Educación, Ciudad de la Habana, 475pp., 1994.
6. **Camacho, E.:** Propiedades físicas, hidrofísicas y físico química de los suelos ferralíticos rojos compactados de Cuba. Ciencias Agrícolas, pp.89-99, 1984.
7. **Cambardella, C. and E. Elliott:** “Carbon and nitrogen distribution in aggregates from cultivated and native grassland soils”. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57:1071-1076, 1994.
8. **Crespo, G y S. Fraga:** “Efecto de la aplicación superficial de fertilizante mineral y abono orgánico en la recuperación de un campo forrajero de *Pennisetum purpureum* cv. king grass”. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, tomo 39, número 3, 2005.
9. **Dalurzo, H. C.; R. C. Serial ; S. Vázquez y S. Ratto:** Indicadores químicos y biológicos de calidad de suelos en Oxisoles de Misiones (Argentina), 2002.
10. **Frómeta, E y M.A. Tarawally:** Comportamiento de algunas propiedades física de un suelo compactado. XI Seminario Científico Int. Taller Abiótico, 17-20 de nov de 1988.
11. **Gounou, E.:** Enfoque morfoedafológico en el estudio de la variabilidad de los suelos ferralíticos y subtipos asociados a un geoecosistema cársico de la Habana, Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas, UNAH, 103 pp., 1997.
12. **Hernández, A.; J.M. Pérez; D. Bosch y L. Rivero:** Nueva Versión de la Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Inst. Suelos, AGRINFOR, Ciudad Habana, 64 pp., 1999.
13. **Hernández, A.; O. Ascanio; Marisol Morales y A. Cabrera** Correlación de la nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba con las clasificaciones internacionales y nacionales: Una herramienta útil para la Investigación, Docencia y Producción Agropecuaria. Instituto Nacional De Ciencias Agrícolas (INCA), 62 pp., 2005.
14. **Hernández, A; Marisol Morales ; M. Ascanio y F. Morell:** Manual para la aplicación de la nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba, en VI Congreso Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo (16: 2006mar.8-10: La Habana). Memorias. CD-Rom. Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo, 2006. ISBN 959-7023-35-0.
15. **León, G.J.:** Manejo ecológico de un suelo Pardo Grisáceo (Inseptisol) degradado, Tesis presentada en opción al título de Master en Agricultura Sostenible, Facultad de Ciencias Agropecuarias, UCLV, Cuba, 2003.
16. **Pineda, Emma:** Factores asociados con la respuesta de la caña de azúcar a los fertilizantes

minerales, Tesis de Doctorado, INICA, 2002.

17. **Singer, M and S. Ewing:** Soil Quality, in Handbook of Soil Science. Chapter 11 (ed. Sumner, M. E.), 271-298, CRC Press, Boca Raton, Florida, 2000.

18. **Stenberg, B.:** “Soil attributes as predictors of crop production under standardized conditions”. *Biology and Fertility of Soils* 27:104-112, 1998.

19. **Torstensson, L;M. Pell and B. Stenberg:** “Need of a Strategy for Evaluation of Arable Soil Quality”. *Journal Ambio* 37: 4-8., 1998.

20. **Wander M. and G. Bollero:** “Soil quality assessment of tillage impacts in Illinois”. *Soil Science Society of America Journal* 63:961-971, 1999.

21. **Morales, Mayelin y B. Díaz:** La materia orgánica y el estado de fertilidad de los suelos pardos con carbonatos bajo diferentes sistemas de manejo, Tesis de Maestría, FCA, UCLV, 2003.

22. **Reyes, A.:** Indicadores de calidad de suelo en áreas cafetaleras de Topes de Collantes, Tesis de Doctorado, FCA, UCLV, 2006.

Recibido: 15/11/2009

Aceptado: 26/04/2010