

# Selección de indicadores de calidad de los suelos hidromórficos de la provincia de Villa Clara

## Selection of hydromorphic soil quality indicators of Villa Clara province

Alianny Rodríguez Urrutia, Pedro Cairo Cairo, Pedro Torres Artilles, Arnaldo Dávila Cruz, Oralia Rodríguez López, Rafael Jiménez Carrazana, Sirley Gattorno Muñoz.

Centro de Investigaciones Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Carretera a Camajuaní km 5 ½ Santa Clara, Cuba. CP:54830.

E-mail: aliannyru@uclv.edu.cu

**RESUMEN.** El trabajo se desarrolló en áreas cañeras de la costa norte de Villa Clara en Sagua La Grande y Encrucijada, con el objetivo de determinar las relaciones entre las propiedades del suelo y el rendimiento de la caña de azúcar con la utilización de enmiendas órgano-minerales en suelos hidromórficos (Gleysol Mólico, Gleysol Vértico), como base para la selección de indicadores de calidad. Para ello se trabajó con las bases de datos de 4 experimentos de campo, en los que se utilizaron cachaza, compost, dolomita y zeolita. El suelo se muestreó de 0-20 cm de profundidad para determinar propiedades del suelo como factor de estructura, agregados estables, permeabilidad, límite inferior de plasticidad, pH agua, pH KCl, materia orgánica,  $P_2O_5$  y  $K_2O$  asimilable. Se evaluaron componentes de rendimiento caña ( $tha^{-1}$ ) y pol ( $tha^{-1}$ ). Se utilizó una metodología para la selección de los indicadores de calidad de suelo. Los resultados demuestran que a través de las relaciones entre las propiedades, la matriz de correlaciones y el análisis de los componentes principales, la materia orgánica y los indicadores físicos se destacan en su grado de significación en comparación con las propiedades químicas. Se encontraron estrechas relaciones entre las propiedades físicas del suelo y el rendimiento de la caña de azúcar. Los indicadores de calidad de los suelos hidromórficos seleccionados fueron: permeabilidad (Perm 2,1), agregados estables (AE 70 %), factor de estructura (FE 65 %) y la materia orgánica (MO 3,2 %).

**Palabras clave:** Caña de azúcar, indicadores de calidad, suelos hidromórficos.

**ABSTRACT.** The work was developed in sugarcane areas of the north coast of Villa Clara, Sagua La Grande and Encrucijada, with the objective to determine the relationships between soil properties and yield of sugarcane with the use of organic-minerals amendments in hydromorphic soils (mollic gleysol, vertic gleysol) as the basis for the selection of quality indicators. This was achieved with 4 databases field experiments, in which were used filter cake, compost, dolomite and zeolite. The soil was sampled from 0-20 cm depth to determine soil properties like structure factor, stable aggregates, permeability, lower limit plasticity, water pH, pH KCl, organic matter,  $P_2O_5$  and  $K_2O$  assimilated. Yield components were evaluated Sugarcane ( $tha^{-1}$ ) and Pol ( $tha^{-1}$ ). A methodology used for the selection of soil quality indicators. The results show that through the relationships between the properties, the correlation matrix and principal component analysis, the organic matter and physical indicators are highlighted in their degree of significance compared with the chemical. It was found strong relationships between soil physical properties and yield of sugarcane. The hydromorphic soil quality indicators selected were: permeability (Perm 2,1), stable aggregates (SA 70 %), structure factor (SF 65 %) and organic matter (OM 3,2 %).

**Keywords:** Sugarcane, quality indicators, soil hydromorphic.

## INTRODUCCIÓN

La degradación de los suelos es una seria amenaza para el futuro de la humanidad y se manifiesta mucho más acentuada y aceleradamente en las regiones tropicales y subtropicales debido a las interacciones de las características de los suelos y el clima, con las prácticas inadecuadas de manejo agrícola (Font *et al.*, 2004). Una de las alternativas

para mitigar este problema es trabajar por evaluar y monitorear la calidad de los suelos. Por lo tanto, los científicos se enfrentan al triple desafío de intensificar, preservar e incrementar la calidad de la tierra. Para ello, es necesario contar con una sólida concepción de la calidad y con indicadores de calidad o salud del suelo y de manejo sostenible de la misma, tal

como se cuenta para dar seguimiento a variables sociales y económicas (Gutiérrez *et al.*, 2004).

Los suelos hidromórficos de la costa norte de nuestra provincia son ampliamente utilizados en el cultivo de la caña de azúcar y presentan en estado natural serias limitaciones para la producción debido a sus propiedades físicas indeseables como su plasticidad extrema. Cairo (1990), citado por Pedraza (2005), refiere que las limitaciones de los suelos hidromórficos para el desarrollo de este cultivo en su capa arable dificultan el desarrollo radical, disminuyen el ahijamiento y, por ende, el rendimiento.

El presente trabajo tiene como objetivo determinar las relaciones entre las propiedades del suelo y el rendimiento de la caña de azúcar como base para la selección de indicadores de calidad de los suelos hidromórficos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en áreas cañeras de la costa norte de la provincia de Villa Clara en los municipios de Sagua La Grande (Estación Experimental de la Caña de Azúcar “Jesús Menéndez”) y Encrucijada (Antiguo CAI “Emilio Córdova”). Los suelos objeto de estudio fueron hidromórficos, tipo Gley Vérticos y Gley Húmicos. (Hernández *et al.*, 2006)

Para la realización del mismo se trabajó con las bases de datos de 4 experimentos de campo montados en diferentes etapas hasta la actualidad, 3 en condiciones experimentales y uno en las condiciones de la producción. En estos se aplicaron diferentes abonos orgánicos y minerales naturales como son cachaza, compost, dolomita y zeolita; además de NPK.

El muestreo del suelo se realizó a los 20 meses, las muestras se tomaron a una profundidad de 0 a 20 cm.

Las propiedades químicas y físicas se determinaron por los siguientes métodos:

-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O: Método de Oniani. Solución extractiva de ácido sulfúrico (0.1N). El P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> se determinó colorimétricamente y el K<sub>2</sub>O por fotometría de llama.

-Materia Orgánica: Método colorimétrico de Warkley y Black.

-pH (H<sub>2</sub>O) y pH (KCL): Método potenciómetro.

-Permeabilidad: Henin *et al.* (1958).

-Factor de Estructura (FE): Fórmula de Vageler y Alten.

-Agregados estables en agua: Método de Henin.

-Límite Inferior de Plasticidad: Método de los rollitos de Atterberg.

También se evaluó del rendimiento agrícola e industrial de la caña de azúcar (caña  $tha^{-1}$  y pol  $tha^{-1}$ ).

Para el análisis de los indicadores de calidad de suelo se trabajó con la metodología de Díaz y Morales (2003) y Reyes (2006). A partir de los resultados de los experimentos realizados, se construyó una base de datos fundamental para establecer las relaciones entre las propiedades. Para el procesamiento estadístico se utilizaron los paquetes SPSS ver. 13.0 y Statgrafics ver. 5.1 sobre Windows XP. Se realizó el análisis de componentes principales así como una matriz de correlación entre las variables analizadas con el objetivo de discriminar aquellas que no tenían un alto porcentaje de correlación con el resto. También se establecieron análisis de regresión, para determinar el grado de dependencia entre las propiedades físicas y químicas del suelo, además entre estas con el rendimiento del cultivo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La relación positiva existente entre la materia orgánica del suelo y los indicadores de rendimiento de la caña de azúcar ( $t ha^{-1}$ ) y Pol ( $t ha^{-1}$ ) (figuras 1 y 2) mostraron coeficientes de correlación ( $r$ ) mayores de 0,86. En la medida que se incrementan los porcentajes de materia orgánica del suelo por encima de 2,4 se logran los mayores valores en los indicadores de rendimiento del cultivo (agrícola en  $t ha^{-1}$  de caña y el industrial en  $t ha^{-1}$  de Pol). Todo esto evidencia que las mejoras en las condiciones estructurales del suelo influyen en el rendimiento de la caña de azúcar en las enmiendas a base de niveles de cachaza.

Las estrechas relaciones y dependencias ( $r > 0,80$ ) que existen entre la materia orgánica con los agregados estables y la permeabilidad del suelo bajo las condiciones de un experimento con niveles de

zeolita y sus combinaciones con abonos orgánicos son proporcionales (figuras 3 y 4). Cuando se incrementa la materia orgánica a valores por encima de 3,2 %, trae consigo un mejor estado estructural del suelo; los agregados estables llegan a ser mayores de 68 %, que se encuentran en la categoría

de bueno y la permeabilidad alcanza valores por encima de 2, clasificada de excelente. Las alternativas de manejo agroecológico del suelo permiten evaluar el nivel de relaciones entre la materia orgánica y las propiedades estructurales, un ejemplo de ello lo constituye este experimento.

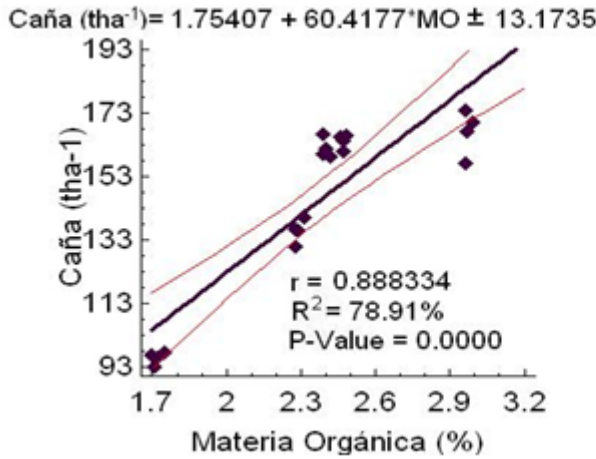


Figura 1. Relación entre el rendimiento caña (tha<sup>-1</sup>) y la materia orgánica

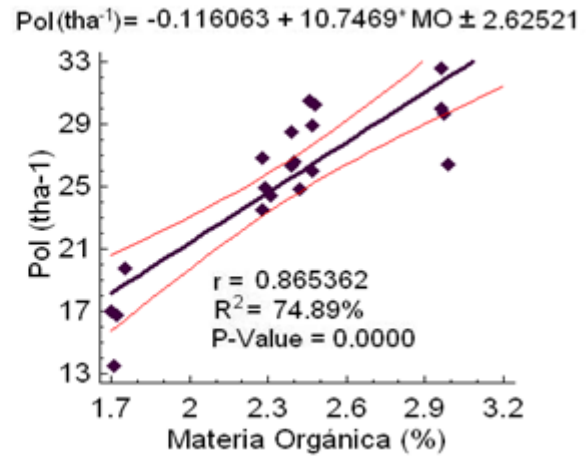


Figura 2. Relación entre el rendimiento pol (tha<sup>-1</sup>) y la materia orgánica

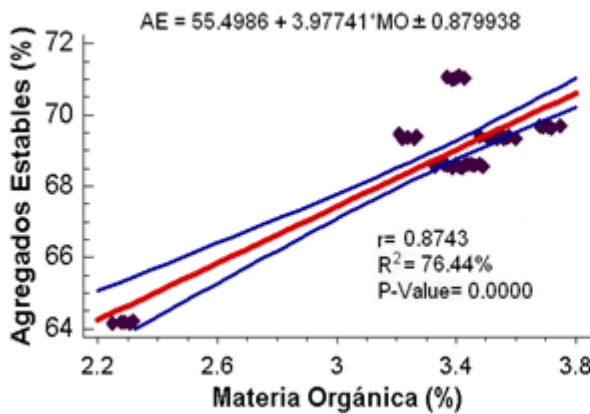


Figura 3. Relación entre los Agregados Estables y la Materia Orgánica

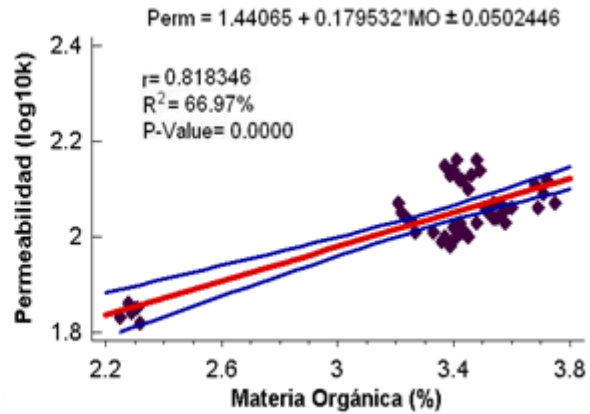


Figura 4. Relación entre la Permeabilidad y la Materia Orgánica

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Cabrera (2000) que encontró relaciones altamente significativas entre las propiedades del suelo y entre estas con el rendimiento del cultivo de la caña de azúcar. Resultados similares obtuvo Gattorno (2008) al encontrar estrechas relaciones entre estas mismas propiedades ( $r$  mayores de 0,8246), en la medida de que aumenta la materia orgánica, aumentan a su vez los agregados estables y la permeabilidad del suelo.

Para el análisis de los indicadores de calidad de suelo se ha desarrollado durante todo el trabajo la metodología propuesta por Díaz y Morales (2003)

y Reyes (2006), la cual tiene en cuenta los requisitos que debe reunir una propiedad para ser considerada como indicador de calidad del suelo: Las estrechas correlaciones encontradas de los indicadores propuestos con otras propiedades del suelo; las correlaciones de estas con los componentes del rendimiento (este segundo criterio muy importante); los resultados del análisis de componentes principales evidencian el peso de estos indicadores propuestos en la matriz; así como los criterios expresados por varios autores como Astier *et al.* (2002) sobre los conceptos indicador de calidad y calidad de suelo.

Las pruebas estadísticas corroboran que las propiedades seleccionadas reúnen los requisitos para ser seleccionadas como indicadores de calidad (Tabla 1). Las propiedades que se reflejan tienen un % de correlaciones significativas que van de 60-100 % y se ubican en el primer componente con altos coeficientes. También expresan alta sensibilidad y cambio de categoría de evaluación, ejemplo en el experimento con niveles de compost, los agregados estables van desde la categoría de regular a excelente, con valores extremos que casi se duplican.

La calidad de suelo es un concepto que está por encima del concepto de fertilidad y productividad del suelo, aunque un concepto acabado del mismo aún se discute. El más aceptado es como sigue:

“Capacidad del suelo para funcionar dentro de un ecosistema natural o manejado, sostener la productividad de plantas y animales y mantener o mejorar la calidad del aire y el agua, sostener la salud humana y el hábitat” (Cairo, 2010). Para evaluar la calidad del suelo es importante desarrollar indicadores de sus condiciones físicas relacionadas con el rendimiento de los cultivos (Forsythe y Schweizer, 2001).

Los sistemas de manejo pueden llevar al suelo a diferentes estados de fertilidad. Cuando este manejo se caracteriza por el uso de cobertura vegetal, utilización diversa de la Materia Orgánica y el aprovechamiento de los recursos locales, se adquiere un estado de equilibrio natural que se

**Tabla 1. Interpretación de análisis estadísticos de los indicadores de calidad seleccionados**

Experimentos	Indicador	% de Correlaciones Significativas del Total	Sensibilidad y Cambio de Categoría	Coficiente para el 1 <sup>er</sup> Componente
Estudio de niveles de cachaza. (11 indicadores)	AE (%)	80 %	52,10 – 69,95 (Regular – Bueno)	0,972
	FE (%)	80 %	54,12- 68,20 (Malo – Bueno)	0,932
	Permeabilidad (log 10 k)	70%	1,64 – 2,25 (Adecuada – Excelente)	0,790
	MO (%)	70 %	1,70 – 2,99 (Bajo – Mediano)	0,931
Estudio de niveles de dolomita y sus combinaciones con abonos orgánicos. (11 indicadores)	AE (%)	80 %	56,40 – 70,29 (Bueno - Excelente)	0,899
	FE (%)	80 %	52,27 – 71,20 (Malo – Bueno)	0,865
	Permeabilidad (log 10 k)	80 %	1,59 – 2,44 (Adecuada – Excelente)	0,775
	MO (%)	60 %	1,72 – 3,50 (Bajo – Mediano)	0,622
Estudio de niveles de compost. (11 indicadores)	AE (%)	90 %	46,36 – 79,30 (Regular – Excelente)	0,846
	FE (%)	100 %	51,12 – 69,30 (Malo – Bueno)	0,826
	Permeabilidad (log 10 k)	90 %	1,60 – 2,40 (Adecuada – Excelente)	0,773
	MO (%)	100 %	1,44 – 4,33 (Muy Bajo – Mediano)	0,835
Estudio de niveles de zeolita y sus combinaciones con abonos orgánicos. (11 indicadores)	AE (%)	100 %	64,14 – 71,09 (Bueno - Excelente)	0,896
	FE (%)	100 %	54,00 – 65,64 (Malo – Bueno)	0,828
	Permeabilidad (log 10 k)	100 %	1,82 – 2,69 (Adecuada – Excelente)	0,893
	MO (%)	100 %	2,25 – 3,75 (Bajo – Mediano)	0,850



refleja en las propiedades físicas, químicas y biológicas. De ello resulta que algunas propiedades del suelo pueden ser evaluadas bajo las condiciones de estudio como indicadores de sostenibilidad. Esto no solo significa ahorrar insumos externos sino mantener la fertilidad natural del suelo, alcanzar producciones estables y proteger el recurso suelo para las generaciones futuras (Altieri, 1996, citado por Díaz y Morales, 2003).

## CONCLUSIONES

1. Los resultados demuestran que a través de las relaciones entre las propiedades, la matriz de correlaciones y el análisis de los componentes principales la materia orgánica y los indicadores físicos se destacan en su grado de significación en comparación con las propiedades químicas estudiadas.

2. En los estudios realizados se encontraron estrechas relaciones entre las propiedades físicas del suelo y el rendimiento de la caña de azúcar con coeficientes de correlación de hasta 0,96.

3. Las propiedades que mejor muestran la capacidad del suelo para funcionar, además de presentar más rigor ante el análisis estadístico, así como sensibilidad y cambio de categoría fueron: permeabilidad (Perm 2.1), agregados estables (AE 70 %), factor de estructura (FE 65 %) y materia orgánica (MO 3,2 %) por lo que se pueden considerar como indicadores de calidad de los suelos hidromórficos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. 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.

2. Cabrera, S.: Enfoque agrofísico para la evaluación del mejoramiento de los suelos (en el ejemplo de los vertisoles). Tesis de Doctorado, Cuba, 113 pp., 2000.

3. Cairo, P.: Comunicación personal, 2010.

4. Díaz, B. y Mayelín Morales: La materia orgánica y el estado de fertilidad de los suelos pardos con carbonatos bajo diferentes sistemas de manejo. Tesis Presentada en Opción al título académico de Master

en Agricultura Sostenible, Facultad de Ciencias Agropecuarias, UCLV, Cuba, 2003.

5. Font, L.; P. Chaveli; B. Calero; O. Muñiz; R. Curbelo; M. González y J. O. Marrero: "Calidad del suelo y sostenibilidad agrícola. Métodos de Estimación". *Centro Agrícola*, 31: 1-2 (ene – jun). 111-113p, 2004.

6. Forsythe, W. y Susana Schweizer: La resistencia a la penetración y la rata de infiltración como indicadores de condiciones físicas de un suelo en Costa Rica. XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo. Programas y Resúmenes. Centro de Convenciones Plaza América del 11 al 16 de Noviembre de 2001. Sociedad Cubana de Ciencia del Suelo. ISSN: 1609 -1876, p. 49, 2001.

7. Gattorno, Sirley: Evaluación de la fertilidad actual del suelo Ferralítico Rojo bajo condiciones de explotación intensiva en Empresas de Cultivos Varios de Villa Clara. Trabajo de Diploma. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, 43 p. 2008.

8. Gutiérrez, Carmen; J. Etchevers; R.F. Castillo; Angélica Bautista: La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas*, 13:2 (mayo –agosto); 90 – 97p. En [http://biblioteca.universia.net/html\\_bura/verColeccion/params/id/14601.html](http://biblioteca.universia.net/html_bura/verColeccion/params/id/14601.html). Consultado 8 de abril de 2010, 2004.

9. Hernández, A; M. O. Ascanio; Marisol Morales y A. León: *La historia de la clasificación de los suelos en Cuba*. Editorial Félix Valera. La Habana, Cuba. 98 pp., ISBN: 959-07-0145-0, 2006.

10. Pedraza, A.: Estudios sobre la efectividad de la dolomita en el mejoramiento de los suelos Oscuros Plásticos. (36 meses después de aplicados). Tesis Presentada en Opción al título académico de Master en Agricultura Sostenible. Facultad de Ciencias Agropecuarias, UCLV, Cuba, 83 pp., 2005.

11. Reyes, A.: Indicadores de calidad de suelo en áreas cafetaleras de Topes de Collantes, Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, 95 pp., 2006.

Recibido: 16/02/2012

Aceptado: 18/06/2012