

# La aptitud de los suelos para la producción de caña de azúcar. Parte I. Calibración en condiciones experimentales y de producción

## Soil aptitude for the production of sugarcane. Part I. Calibration in experimental and production conditions

Nelson C. Arzola Pina<sup>1</sup>, Joaquín Machado de Armas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”. Carretera a Rodas, Cuatro Caminos, Cienfuegos, Cuba, C.P. 55100.

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní km 5 ½, Santa Clara V.C. Cuba, C.P. 54830.

E-mail: [joaquinma@uclv.edu.cu](mailto:joaquinma@uclv.edu.cu); [arzola.pina@gmail.com](mailto:arzola.pina@gmail.com)

---

**RESUMEN.** Se creó una base de datos tomando los valores del rendimiento de la caña y las correspondientes características del suelo, de más de 50 experimentos de campo; además de una cantidad similar en áreas pertenecientes a productores de Cienfuegos, siempre sobre suelos pardos con carbonato, pardo sin carbonato y ferralítico rojo. Las características del suelo a tomar en consideración se seleccionaron en función de un análisis multivariado de componentes principales donde fueron adoptadas solo las variables de más fácil determinación. Para cada característica de suelo seleccionada, se estableció un sistema de clasificación que integra diferentes rangos de la variable, la categoría asignada a cada rango y un valor por “puntos” por cada categoría. Este sistema de clasificación se basó en un análisis documental en el cual se consideró los resultados de muchos investigadores. Se hizo un análisis de ajuste de regresión entre el rendimiento de la caña y los correspondientes valores del suelo donde se desarrolló la plantación, discriminando los casos de “excelente manejo” y “adecuado manejo” del cultivo. Se demostró la existencia de un fuerte ajuste de regresión entre el valor del suelo y el rendimiento de la caña, lo que permitió elaborar una tabla que relaciona el potencial productivo del cultivo en función de las características del suelo, expresadas por los puntos acumulados, según la calidad del manejo de la plantación y el ciclo agrícola (caña planta o retoño).

**Palabras claves:** aptitud del suelo, caña de azúcar.

**ABSTRACT.** A database was created using the yield values and the soil characteristics from more than 50 field experiments, and from other areas that belonged to good producers in Cienfuegos. All the experiments were done on brown carbonated, brown non-carbonated and red ferralitic soils. The soil characteristics were selected based on a varied analysis of main components and taking the easily-determined variables. For each soil characteristic that was selected, a classification system was established, that encompasses several variable ranges, the category assigned to each range, and a point value for each category. This classification system was based on articles reviews, and also taking into account the results of many researchers. A linear regression analysis was done using sugarcane yield and the values of soils where the sugar cane was planted and the cases of “excellent management” and “adequate management” of the cultivar was discriminated. It was proved that the soil value and the sugarcane yield were highly related (linear regression), which made possible the elaboration of a table that relates the sugarcane productive potential according to the characteristics of the soil expressed by the accumulated points, depending on the quality of the cultivar management and the agricultural cycle (plant cane or ratoon).

**Key words:** soil aptitude, sugar cane.

---

## INTRODUCCIÓN

Según Álvaro Reynoso en su obra “Ensayo sobre el cultivo de la caña de azúcar” <<...lo primero que debiera hacerse una vez que tuviéramos el

plano topográfico del ingenio, sería examinar el terreno, determinando sus propiedades físicas, su composición química, la naturaleza del subsuelo,

la profundidad de la capa vegetal...>>. Esto se conoce en la actualidad como evaluación de tierras, algunas definiciones de ese término son:

“Evaluación de tierras es el proceso de estimación del potencial de la tierra para un tipo de uso específico”. “Proceso que determina el comportamiento o idoneidad de un área de tierra específica para un uso específico”.

“El objetivo principal es seleccionar el mejor uso posible de cada unidad de tierra definida, teniendo en cuenta consideraciones de carácter físico y socioeconómicas, así como la conservación de los recursos ambientales para su uso futuro.”

“Proceso de evaluación de la aptitud de la tierra cuando se utiliza para finalidades específicas, con el propósito de identificar y proceder a una comparación de las clases más prometedoras de uso de la tierra en términos aplicables a los objetivos de la evaluación.”

En su concepción actual el término “tierra” abarca al ambiente en general tanto las propiedades del suelo como las del clima (principalmente las precipitaciones) pero este trabajo se limita a relacionar y calibrar características del suelo con el rendimiento de la caña de azúcar. Esta relación puede ser útil no solo para producir más caña por unidad de superficie y obtener más azúcar, sino también para aumentar la biomasa destinada al alimento animal o la energía, aspectos muy importantes ya que Cuba carece de suficientes recursos energéticos y fuentes de alimento animal.

El uso sostenible de los suelos unido a la mejor conservación de los recursos naturales y del entorno, requiere dedicar cada suelo para su mejor opción. La clasificación de la aptitud de los suelos es de utilidad por lo que se necesita determinar los que no deben dedicarse a ese cultivo y que resultados pueden obtenerse en aquellos con características adecuadas para ese fin, pero disponer de esa herramienta requiere calibrar propiedades del suelo con el rendimiento del cultivo (Arzola *et al.*, 2013).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Al seleccionar las variables que determinan la aptitud del suelo se realizó un análisis multivariado de componentes principales con las cosechas de experimentos en campo y áreas de producción donde se empleaba un excelente y buen manejo agrícola respectivamente. Se realizó un análisis documental (Agafonov y Roldos, 1973; Hernández *et al.*, 1981; Mesa *et al.*, 1982; Sulroca, 1982; Roldós 1986; Arzola, 1999; Cristancho *et al.*, 2007; Hasnol *et al.*, 2007; Font, 2008; Ponce de León y Balmaseda, 2009; Arzola y Contreras, 2013) que hizo posible establecer categorías para cada factor edáfico. El sistema integra las propiedades de los suelos y sus rangos de clasificación con una puntuación (Tablas 1, 2, 3, 4 y 5).

Un suelo se considerará de “mal drenaje” si una vez saturado de agua, se mantiene encharcado (a pesar de no caer más precipitaciones) durante un periodo

**Tabla 1. Profundidad del suelo hasta donde pueden desarrollarse las raíces del cultivo (Profundidad efectiva o PE)**

Profundidad (cm)	Categoría	Puntuación
<22	Poco Profundo	0
22-40	Medianamente Profundo	1
>40	Profundo	2

**Tabla 2. Porcentaje de materia orgánica del suelo (MO)**

Contenido	Categoría	Puntuación
<1.0	Bajo	0
1.0-3.0	Medio	1
>3.0	Alto	2

**Tabla 3. Porcentaje de inclusiones del suelo (I)**

Contenido	Categoría	Puntuación
>20	Mala	0
<20	Buena	1

\*El contenido en la capa arable del suelo puede ser: concreciones (I<sup>c</sup>), gravas (I<sup>g</sup>) 0,2-7,5cm, piedras (I<sup>p</sup>) >7,5cm

**Tabla 4. Textura del suelo (T)**

Clasificación		Categoría	Puntuación
Suelos rojos	Otros suelos		
Arenoso a loam arcilloso	Arenoso a loam arcillo-arenoso	Mala	0
Arcilla arenosa - arcilla	Loam arcilloso a arcilla	Buena	1

\*Determinada en la capa arable del suelo y clasificada en los grupos establecidos por Klimes para la clasificación textural de los suelos cubanos

**Tabla 5. Drenaje (D)**

Categoría	Puntuación
Malo	-0,5
Bueno	0

inferior a seis días; en ese caso se resta 0,5 a la puntuación total, por ello el mal drenaje se distingue con puntuaciones fraccionarias. El número de puntos que identifica un suelo (P) se calcula mediante la suma de las puntuaciones alcanzadas en cada una de las características individuales antes mencionadas, es decir:

$$P = PE + MO + I + T - D$$

De evaluarse de cero alguna de las categorías (la profundidad efectiva, las inclusiones, la textura o el contenido de materia orgánica) las letras correspondientes a cada una de ellas aparecerán como exponente del número que identifica la aptitud del suelo, ello indica cual o cuales son el principal factor edáfico limitante del rendimiento. Por ejemplo, un suelo cuya aptitud se evalúa de 3 y posee más de 20 % de concreciones, se expresará con la notación siguiente; 3<sup>lc</sup>. El exponente indica la(s) característica(s) limitante(s) del rendimiento del cultivo. En estas evaluaciones, los datos obtenidos fueron procesados con el paquete estadístico SPSS versión XVI.

La aptitud del suelo a la producción de caña de azúcar se consideró determinada fundamentalmente

por las características estables o no modificables por el hombre, pues el paquete tecnológico que se utilice debe ser capaz de llevar a valores o rangos óptimos para el desarrollo y rendimiento del cultivo, todos aquellos factores que pueden modificarse (ej. abastecimiento nutricional mediante el empleo de fertilizantes, reacción del suelo por encalado, falta de humedad, riego, etc.) o controlarse (ej. seleccionar el momento de plantación o cosecha en la época de mejores condiciones climáticas). De acuerdo con esa concepción la aptitud del suelo se establecerá mediante calibraciones en que se relacionen indicadores estables de este con el rendimiento de la caña de azúcar, en áreas con un excelente manejo agrícola (adecuada actitud del hombre), pues se evalúa el suelo como tal y segregan aquellas características que el hombre puede modificar, ya que esto podría originar que el manejo agrícola fuera la causa de la aptitud de los suelos y no la naturaleza.

En la calibración del sistema de evaluación antes mencionado se recopiló la información de experimentos de campo donde existía un excelente manejo de las plantaciones, además de la información correspondiente a áreas de producción

en las que se realizaba un adecuado manejo agrícola. Los rendimientos obtenidos fueron asociados con la puntuación (P) de los suelos presentes en esas áreas. Este sistema de evaluación mediante puntos (mayor puntuación equivale a mayor potencial de rendimiento del suelo) fue calibrado a través del ajuste a ecuaciones de regresión ( $Y = \text{Rendimiento}$ ,  $X = \text{Número de puntos del suelo}$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados arrojaron que en ambos casos (áreas experimentales y de producción) existe relación entre la puntuación otorgada al suelo con los rendimientos en caña planta (Figura 1 y 2) y de retoño (Figura 3 y 4). Los suelos con igual puntuación pueden provenir de combinaciones muy diferentes de propiedades, por lo que la variabilidad del rendimiento en localidades con igual puntuación puede ser

relativamente amplia. Por esto es que se necesitan establecer rangos de variación para los rendimientos dentro de un rango de puntuaciones (Tabla 6). La valoración que se logra con la escala propuesta consiste principalmente en ordenar los suelos según cuatro categorías (aptas, medianamente aptas, marginalmente aptas y no-aptas).

La correspondencia entre el sistema obtenido en la cepa caña planta y la de retoño evidencia que es posible utilizar un sistema único de evaluación para los suelos destinados a este cultivo, lo cual es necesario dado que una plantación de caña se cosecha en planta y varios retoños sucesivos, aunque se ha diferenciado el sistema para las diferentes cepas.

Este sistema, aunque similar al AGRO 24 en los resultados que se obtienen, tiene ventajas por su sencillez al no requerir de medios

CEPA: Caña Planta

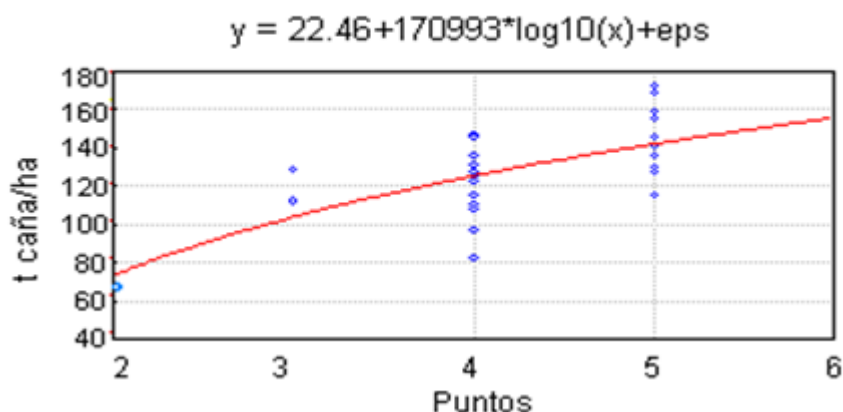


Figura 1. Relación entre el rendimiento y la puntuación de los suelos en las áreas experimentales (caña planta)

CEPA: Retoño

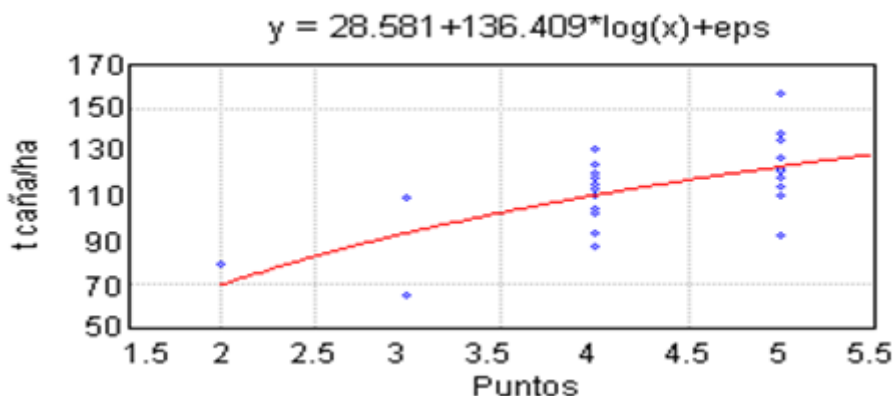


Figura 2. Relación existente en los retoños respecto al rendimiento y la puntuación de los suelos (áreas experimentales)

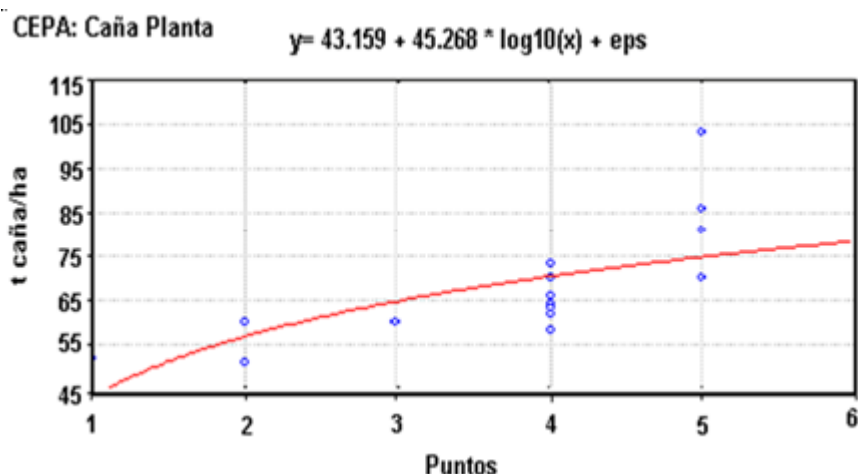


Figura 3. Relación entre el rendimiento y la puntuación de los suelos en áreas de producción con buen manejo agrícola

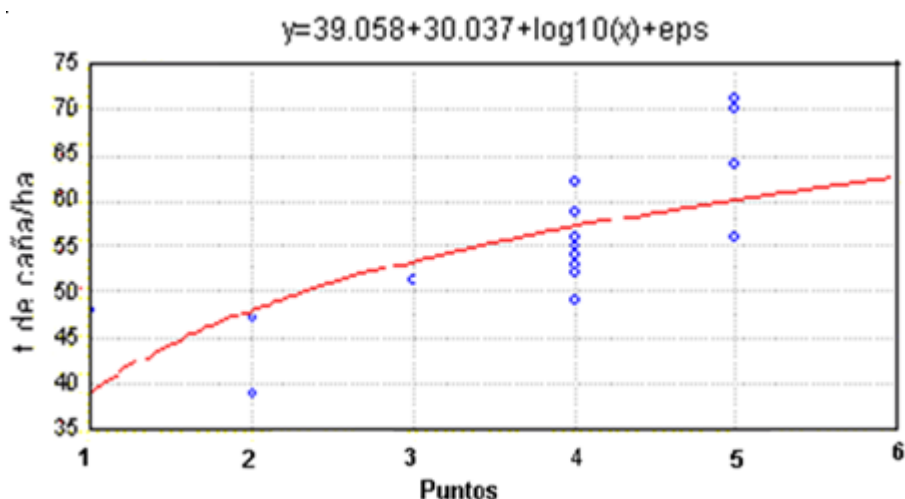


Figura 4. Relación en el retoño entre el rendimiento y la puntuación otorgada a los suelos en las áreas de producción con buen manejo agrícola

Tabla 6. Evaluación de la aptitud física de los suelos para la producción de caña de azúcar (t de caña. ha<sup>-1</sup>)

Puntos (P)	Aptitud del suelo	Excelente manejo agrícola		Buen manejo agrícola	
		Planta	Retoño	Planta	Retoño
≤2.0	No Apto	< 75	< 70	< 60	< 50
2.01 - 3.50	Marginalmente apto	75.1-110	70.1-100	60.1-70	50.1-55
3.51-4.50	Medianamente Apto	110.1-130	100.1-115	70.1-75	55.1-60
> 4.50	Apto	>130	>115	>75	>60

automatizados y estar disponible para su empleo la información requerida en las diferentes unidades de producción cañera. Con el propósito de ilustrar como se utilizaría en la práctica el sistema propuesto se expondrá un ejemplo a continuación:

Un suelo posee 42 cm de profundidad efectiva, 0,5 % de materia orgánica, 10 % de inclusiones, es arcilloso y de mal drenaje, su puntuación total sería:

$$P=2+0+1+1-0,5=3,5$$

Se trataría de un área marginalmente apta, en la que puede alcanzarse con un excelente manejo agrícola, un rendimiento de 75-110 t de caña/ha en caña planta y con un buen manejo agrícola entre 60 a 70 t de caña/ha.

## CONCLUSIONES

1. Se propone un sistema sencillo para evaluar “grosso modo”, la aptitud de los suelos dedicados al cultivo de la caña de azúcar en las unidades que posean condiciones similares a aquellas en que se realizó este estudio.

2. Los resultados de este estudio se obtuvieron bajo condiciones de excelente o buen manejo agrícola, por lo que pueden diferir en caso de existir una pobre agrotecnia.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Agafonov, O.; J.E. Roldós: Influencia de la densidad del suelo rojo ferralítico sobre las propiedades físicas y el crecimiento, desarrollo y productividad de la caña de azúcar. Serie Caña de Azúcar, No. 63: 19, 1973.

2. Arzola Pina, N. C.; O. F. Herrera; R. de Mello: Manejo de suelos para una agricultura sostenible. Editora UNESP, São Paulo, Brasil. 2013, 509 p.

3. Arzola, N.: Clasificación de la aptitud de los suelos para la producción de biomasa y energía por la caña de azúcar. Memorias del XXXV Aniversario del INICA. EPICA Villa Clara, Ranchuelo, Cuba, 1999.

4. Arzola, N.; V. Contreras: Estudio de factores edáficos potencialmente limitantes del rendimiento de la caña de azúcar. Memorias de la asociación de técnicos azucareros de México (ATAM). México, 2013. En sitio web: [http://www.aeta.org.ec/2do\\_congreso\\_cana/art\\_campo/Contreras\\_V ET AL\\_ESTUDIO DE FACTORES EDAFICOS.pdf/](http://www.aeta.org.ec/2do_congreso_cana/art_campo/Contreras_V_ET_AL_ESTUDIO_DE_FACTORES_EDAFICOS.pdf/) Consultado el 05 de marzo de 2014.

5. Cristancho, R.J.A.; M.F. Munevar; J.A. Acosta: Relación de las características edáficas y el desarrollo

radical de la palma de aceite. Revista Palmas, 1(28): 24-30, 2007.

6. Font, L.: Estimación de la calidad del suelo. Indicadores físicos, químicos y biológicos. Tesis en opción al grado científico Doctor en Ciencias Agrícolas, INCA, La Habana, Cuba. 2008, 110 p.

7. Hasnol, O.; A. M. Tarmizi; H. Khairuman: Performance of oil palm on Deep Peat in Relation to Soil Compaction and Planting Techniques. In: Proc. of The Malaysian Soil Science Conference, 17-19 April, 2007. Mukah, Sarawak.

8. Hernández, A.; A. Obregón; I. Zhuvroliova; A. Salazar; C. Agüero: Características genéticas y agroproductivas de suelos lixiviados, concrecionarios y laterizados, en relación con el cultivo de la caña de azúcar. En póster, 43 Congreso de la ATAC, La Habana, Cuba. 1982, p. 19.

9. Mesa, A.; O. Suárez; M. Hernández: Evaluación de los suelos de Cuba referida a 35 cultivos fundamentales. Agrotecnia de Cuba, 14 (2): 23-32, 1982.

10. Ponce de León, D. y Balmaseda, C. Evaluación de tierras con fines agrícolas. Primera edición. La Habana, Cuba. Editorial Científico Técnica. 2009. 118 pp. ISBN 978-959-05-0581-2.

11. Roldós, J. E.: Evaluación de algunos factores edáficos limitantes de la producción de la caña de azúcar. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. INICA, Ciudad Habana, Cuba. 1986, 113 p.

12. Sulroca, F.: La evaluación de los factores limitantes en el cultivo de la caña de azúcar. Dpto. de Nutrición y Suelos, MINAZ, La Habana, Cuba. 1982, 46 p.

**Recibido:** 13/10/2014

**Aceptado:** 09/02/2015