

*Artículo científico***DETERMINACIÓN DEL NIVEL CRÍTICO DE POTASIO ASIMILABLE EN SUELOS DE CUBA PLANTADOS CON CAÑA DE AZÚCAR.**

Jesús González Domínguez¹, Mario E. de León Ortiz², Isaías Machado Contreras² y Emma B. Pineda Ruiz³.

RESUMEN

El estudio se desarrolló utilizando 65 experimentos de niveles de potasio, conducidos en el área experimental del Instituto de Investigación de la Caña de Azúcar en Cuba (INICA), con el empleo de 231 cosechas realizadas en suelos que representan los principales escenarios donde se desarrolla el cultivo en el país. Se utilizaron dos vías para determinar el nivel crítico de potasio, sobre la base del predominio de diferentes tipos de arcillas. Se encontró respuesta a la aplicación del nutriente en los suelos con predominios de arcillas 1:1, no así en los tipos 2:1. El nivel crítico resultante del empleo del método de Cate y Nelson resultó ser 17 mg 100 g⁻¹ de K₂O. Asimismo el ajuste de diferentes modelos, cuando se consideraron todos los tipos de arcillas fue 14,69 mg 100 g⁻¹ de K₂O, para el caso del predominio de tipo de arcilla 1:1 fue 17,48 mg 100 g⁻¹ de K₂O y para el tipo 2:1 fue 11,03 mg 100 g⁻¹ de K₂O.

Palabras clave: nivel crítico de K⁺, caña de azúcar, tipos de arcillas del suelo.

Determination of available potassium critical level in Cuban soil planted with sugarcane.**ABSTRACT**

The study developed using 65 level of potassium experiments, in the experimental area of the research institute of the sugarcane in Cuba, using 231 harvests accomplished in soils that represent the main places where the cultivation in the country. Two roads to determine the critical level of potassium were use, on basis of the predominance of different type of clays. Response found the application the nutrient in the soils with predominance of clays 1:1, did not in the types 2:1. The critical resulting level of the method of Cate and Nelson was 17 mg 100 g⁻¹ of K₂O. Likewise the adjustment of different models, considering all the types of clays was 14.69 mg 100 g⁻¹ of K₂O, for the case of the predominance of type of clay 1:1 was mg 17.48 100 g⁻¹ of K₂O and for the type 2:1 was 11.03 mg 100 g⁻¹ of K₂O.

Key words: Critical level of K⁺, sugarcane, types of clays of the soils.

MSc. Jesús González Domínguez, Ingeniero en Riego y Drenaje. Investigador Auxiliar, especialista en Suelos y Nutrición del Grupo de Extensión y Servicios Agropecuarios (GESA). Máximo Gómez e/ 3 y 4, Ciego de Ávila. Cuba. E-mail: jesus.gonzalez@epica.azcuba.cu, ²Instituto de Investigación de la Caña de Azúcar (INICA). Carretera a la CUJAE, km 1,5. Habana. Cuba. ³Estación Territorial de Investigación de la Caña de Azúcar. Autopista nacional km 247. Villa Clara, Cuba.

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar es una planta del tipo C⁴ que realiza excelente conversión de la energía solar en biomasa (Singh *et al.*, 2019) cultivada en una diversidad amplia de tipos de suelo alrededor del mundo, presentando diferentes rangos de rendimiento para cada combinación edáfica y climática (IPI, 2013). Las características de los suelos están influenciadas y determinadas por la composición química, física y biológica resultante en su formación, consecuencia del tipo de roca sobre la que actuó el intemperismo, de las circunstancias climáticas persistentes, la vegetación desarrollada sobre el mismo y en ocasiones el transporte de otros materiales edáficos foráneos. El suelo en su evolución determina la composición de arcillas.

El predominio de arcillas del tipo 1:1 es resultado de la pérdida o lavado de muchas de las bases del suelo. Por otra parte, los suelos donde predominan las arcillas del tipo 2:1 tienen la posibilidad, no sólo de retener mayor cantidad de cationes en los bordes de sus láminas o superficies planas, sino también temporalmente entre ellas (retención intralaminar) para utilizarlos posteriormente, cuando el suelo presente condiciones favorables, lo cual también reduce el lavado. (Arzola *et al.*, 2013).

Se considera el nivel crítico (NC) de la forma asimilable de un elemento en el suelo a aquel por debajo del cual es frecuente la respuesta de un cultivo a su aplicación como fertilizante. El valor de NC varía en función de varios factores y las referencias a los mismos sólo deben ser consideradas como elementos de comparación. El NC de potasio (K) encontrado en la calibración de la técnica de Oniani en trabajos realizados en Cuba, para diferentes tipos de suelos, varían desde 11,30 hasta 18,84 mg 100 g⁻¹ de K₂O.

En un contexto de producción agropecuaria cada vez más demandante, diagnosticar correctamente el estado nutricional de los cultivos es condición necesaria para mejorar la eficiencia de utilización de los recursos e insumos involucrados en el sistema productivo (Correndo y García, 2017).

El objetivo de este trabajo fue encontrar el nivel crítico de K, para el cultivo de la caña de azúcar, atendiendo a los predominios de tipos de arcillas de los suelos de Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la determinación del NC por predominio de tipo de arcillas, se emplearon 231 cosechas de 65 experimentos de niveles de K, bajo condiciones de secano, conducidos entre los años 1975 y 2016, bajo condiciones de secano, pertenecientes al área experimental del Instituto de Investigación de la Caña de Azúcar (INICA), correspondiendo con los diferentes escenarios donde se desarrolla este cultivo en Cuba.

El predominio de tipo de arcilla 1:1 estuvo formado por los grupos del Agrupamiento agroproductivo Ferralitizados cálcicos y Ferralitizados cuarcítico y el predominio de tipo de arcilla 2:1 por Sialitizados Cálcicos y no Cálcicos, Aluviales, Fersialitizados Cálcicos y Vertisuelos.

Los experimentos fueron conducidos según las "Normas Metodológicas del Departamento de Suelos y Agroquímica" (INICA, 1990). Contaron con un testigo sin K con fondo fijo de N y P (NPK₀) para garantizar que estos nutrientes no fueran limitativos. Los fertilizantes fueron aplicados anualmente en el fondo del surco en la siembra y enterrados a una profundidad de 10 a 15 cm en el caso de los retoños.

Cada cosecha fue expresada mediante un modelo lineal discontinuo (Figura 1) según descripción de Waugh *et al.* (1973), donde se consideraron las variables: a) rendimiento máximo estable o meseta (RME); b) rendimiento del testigo con fondo NP (A); c) incremento (Inc) debido al uso del K, dado por diferencia RME-A; d) dosis crítica (Xc), aquellas a partir de las cuales se establece el

RME; e) rendimiento relativo (RR), dado por el cociente A/RME multiplicado por 100; f) índice crítico (Xc/Inc), correspondientes a los kg de K necesarios para producir una tonelada de caña; y g) la pendiente (b) de la parte ascendente del modelo lineal discontinuo, que indica la tendencia del incremento de rendimiento en función de las dosis.

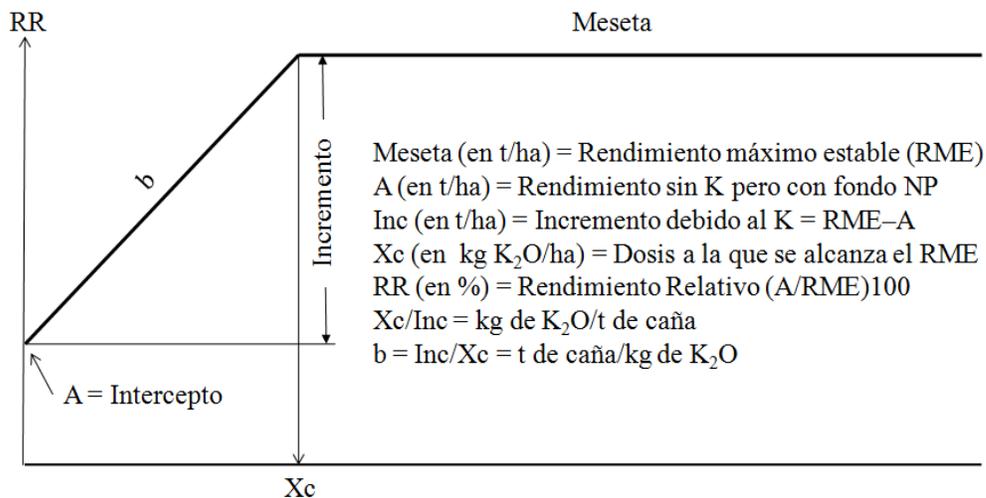


Figura 1. Variables correspondientes al modelo lineal discontinuo.

La determinación del nivel crítico se realizó por dos vías, la primera según modelo de dos medias propuesto por Cate y Nelson (1971), atendiendo al criterio del intercepto de la función inversa con la línea paralela al eje de las abscisas que pasa por la ordenada correspondiente a rendimiento relativo (RR) de 90. La segunda con el ajuste de diferentes funciones: exponenciales ($y = b_0 + b_1 \cdot \exp - b_2/x$) e inversas ($y = b_0 + b_1/\sqrt{x}$ y $y = b_0 + b_1/x$), donde y es el rendimiento relativo en % y x es el K asimilable del suelo extraído con H₂SO₄ 0,1 N y b₀ y b₁ son coeficientes.

Las categorías para ambos casos fueron determinadas por el criterio del intercepto de la función inversa con las líneas paralelas al eje de las abscisas que pasan por las ordenadas

correspondientes a los RR de 60, 80, 90 y 100, donde se generan las categorías *Muy bajo*; *Bajo*; *Medio*; *Alto* y *Muy alto*, respectivamente.

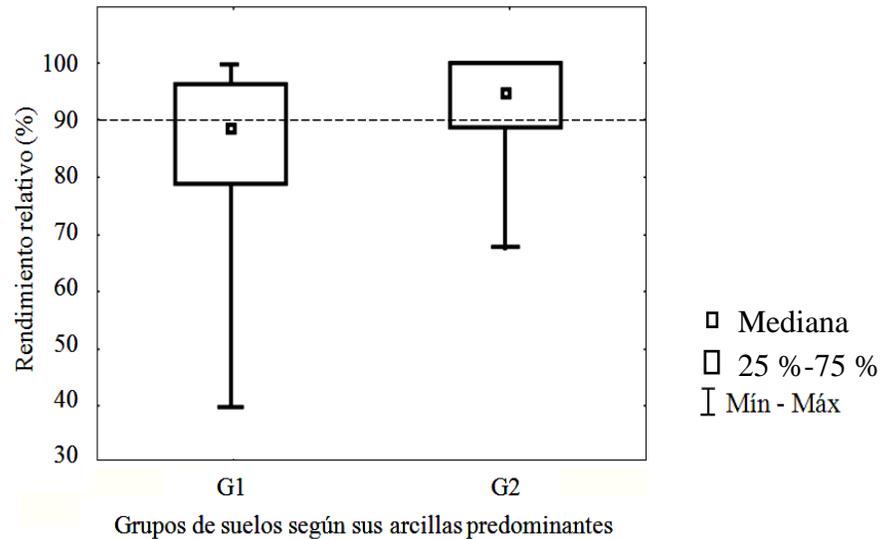
El procesamiento de los datos de cosecha y del resultado del modelo lineal discontinuo se realizó utilizando el sistema StatSoft, Inc. (2007).

Se comprobó la normalidad de las variables según prueba de Shapiro-Wilks y para la homogeneidad de varianzas se aplicó la prueba Bartlett. En el caso de no encontrar normalidad u homogeneidad de varianzas en las variables, fue utilizada la una prueba no paramétrica, la cual no exige normalidad de los datos ni varianzas homogéneas y es equivalente al ANOVA con datos reemplazados por categorías.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observó respuesta del cultivo a la fertilización potásica según predominio del tipo de arcillas. Las plantaciones desarrolladas sobre suelos con predominio de arcillas 1:1 respondieron a la fertilización potásica (RR entre 81 y 89 %),

coincidiendo con resultados encontrados por Meyer *et al.* (2011). Los valores de RR observados para los suelos con predominio de arcillas 2:1 se encontraron entre 92 y 95 %, lo cual indica baja respuesta (Figura 2).



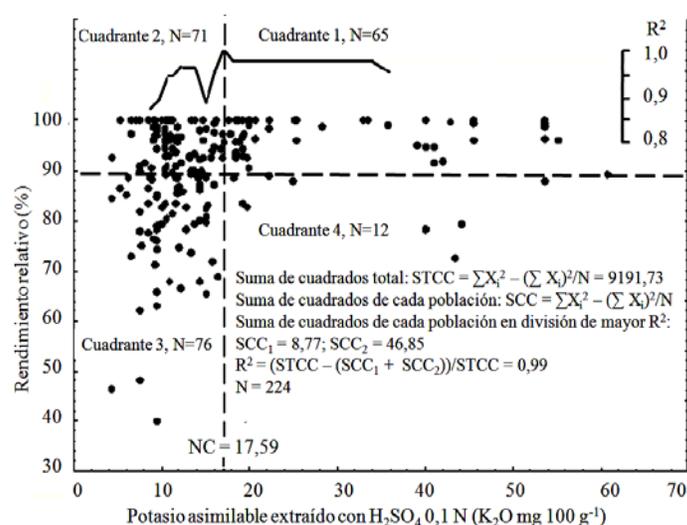
MW para G1 vs. G2: $U = 3\ 732,50$; $Z = 3,8400$; $p = 0,0001$

Figura 2. Grupos de respuesta de la caña de azúcar ante el tipo de arcilla predominante. (G1: suelos con arcilla predominante del tipo 1:1 (Grupos del Agrupamiento Agroproductivo: Ferralitizados cálcicos, Ferralitizados cuarcíticos y Gleyzados ferralitizados). N = 74, G2: suelos con arcilla predominante de tipo 2:1 (Grupos del Agrupamiento Agroproductivo: Vertisuelo, Aluvial, Sialitizado cálcico, Sialitizado no cálcico, Fersialitizado cálcico y Gleyzado sialitizado). N = 157

Los suelos con baja CIC, como los arenosos o los ricos en arcillas de hidróxido, asociados por lo general, a predominio de tipos de arcillas 1:1, tienen en la solución del suelo una concentración relativamente alta de K. Los suelos con alta CIC, asociados a predominio de tipos de arcillas 2:1, mantienen por lo general, menor cantidad de este nutriente en la solución, pero, amortiguan mejor su contenido en la misma, debido a que el K tomado por las plantas es compensado, de tal modo que,

su concentración en la solución del suelo no desciende de manera notable durante el desarrollo vegetativo (Arzola *et al.*, 1981).

Se consideraron las diferencias encontradas en la respuesta al potasio según predominios de tipos de arcillas y se determinó el NC por la primera vía, según Cate y Nelson (1971), para el que se encontró un NC de 17 mg 100 g suelo de K₂O (Figura 3), delimitado por el mayor R² encontrado.



Cuadrante 1: KAO ≥ 17 y RR ≥ 90 %
Integrantes Grupo 1: 53,84 %
Integrantes Grupo 2: 46,16 %
Cuadrante 2: KAO < 17 y RR ≥ 90 %
Integrantes Grupo 1: 66,66 %
Integrantes Grupo 2: 33,34 %
Cuadrante 3: KAO < 17 y RR < 90 %
Integrantes Grupo 1: 29,27 %
Integrantes Grupo 2: 70,73 %
Cuadrante 4: KAO ≥ 17 y RR < 90 %
Integrantes Grupo 1: 16,66 %
Integrantes Grupo 2: 83,34 %

Leyenda:

Grupo 1: PL + R1

Grupo 2: R2 + R3 + R4 + R5

KAO: K asimilable (K_2O mg $100g^{-1}$)

RR: Rendimiento relativo (%)

Figura 3. Nivel crítico de K asimilable en el suelo para el cultivo de la caña de azúcar en Cuba y composición porcentual de caña planta y retoños en los pares K asimilable vs. RR, por cuadrantes.

En el cuadrante 2 se sitúan los puntos de cosechas correspondientes a experimentos desarrollados donde se esperaba respuesta por estar por debajo del NC, (incremento del rendimiento), y en el caso del cuadrante 4 no se esperaba respuesta, pues el contenido de K asimilable está por encima del NC. La ubicación de los pares de datos (K asimilable – RR) en los diferentes cuadrantes depende de diferentes factores, entre los que tienen una incidencia decisiva los edáficos, los climáticos, los intrínsecos al vegetal, y de manejo del cultivo (número de cortes), incidiendo con diferentes intensidades según el momento de desarrollo del cultivo.

Resultados similares fueron reportados por Melgar *et al.* (2014) al considerar el número de cortes efectuados, al referirse a las condiciones que se crean en el momento de la siembra de un cañaveral, cuando es llevada a cabo la preparación de suelos a través de la combinación de labores mecanizadas que provén a la semilla

depositada (reproducción vegetativa) las condiciones adecuadas y así estimular una buena germinación y un crecimiento vigoroso de la masa radicular y la masa foliar.

Causas que condicionan este comportamiento, entre otras, son las condiciones favorables en el suelo para la exploración profunda de las raíces, la presencia de circunstancias propicias al proceso de difusión de K y también al flujo de masas, la composición radical con raíces de anclaje profundo presentes en mayor cantidad en las cepas más jóvenes, todo lo cual coadyuva al mejor uso del K aplicado presente en los primeros 25 cm del suelo así como el del subsuelo localizado a mayor profundidad. El papel de las raíces en la nutrición vegetal es sumamente importante. Un factor de relevancia, relacionado con el complejo planta-agua-suelo, es la distribución del sistema radical, así como su dinámica de crecimiento (Kellermeier *et al.*, 2014 y Neil, 2016).

La segunda vía utilizada para la determinación del NC fue el ajuste de diferentes modelos, encontrando mejor ajuste con la función: $RR = b_0 + b_1/KAO$. Para el caso donde se trabajó con todos los predominios de tipos de arcillas se

encontró un NC de $14,69 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ de K_2O y los límites que separan las categorías *Muy bajo*; *Bajo*; *Medio*; *Alto* y *Muy alto*, fueron: $< 4,46$; $\geq 4,46$ a $< 8,33$; $\geq 8,33$ a $< 14,69$; $\geq 14,69$ a $< 62,21$ y $\geq 62,21$; respectivamente (Figura 4).

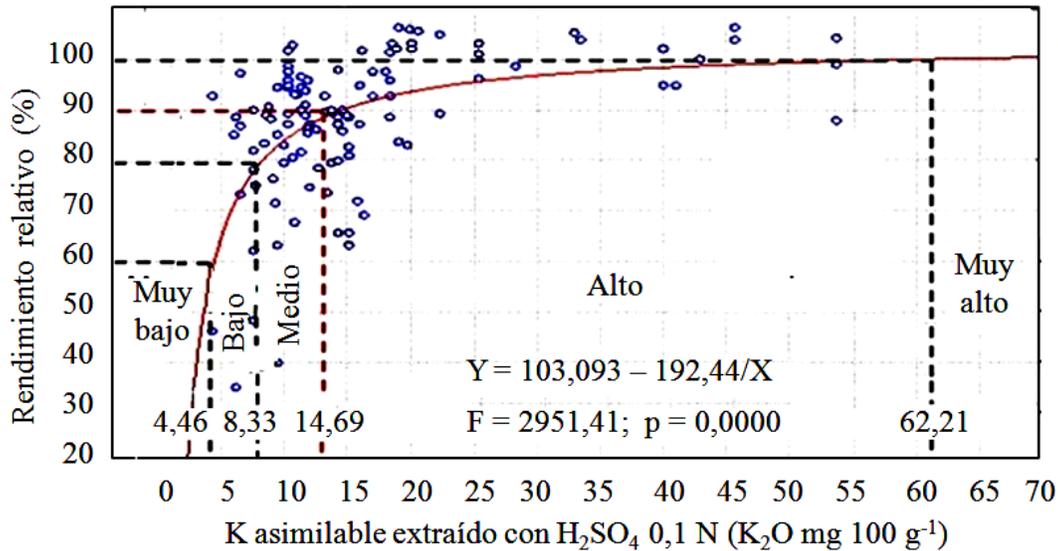


Figura 4. Determinación del nivel crítico para todas las arcillas juntas.

El nivel crítico encontrado para el predominio de tipo de arcillas 1:1 fue $17,48 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ de K_2O , el que describe la amplia posibilidad que existe en estos suelos de encontrar respuesta a la aplicación de dosis de K por debajo de este valor.

Las arcillas del tipo 1:1 se caracterizan por baja capacidad de intercambio catiónico, con contenidos mayores de arcilla pertenecientes a la Caolinita, donde existen limitadas cargas negativas y como consecuencia baja capacidad de retener y acumular K en sus estructuras, lo cual puede convertirse en un factor que limite el desarrollo normal del cultivo (Figura 5).

El nivel crítico encontrado para los suelos con predominio de arcillas del tipo 2:1 fue de $11,03 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ de K_2O y los límites que separan las

categorías *Muy bajo*; *Bajo*; *Medio*; *Alto* y *Muy alto*, fueron: $< 3,40$; $\geq 3,40$ a $< 6,31$; $\geq 6,31$ a $< 11,03$; $\geq 11,03$ a $< 43,52$ y $\geq 43,52$; respectivamente. Este nivel crítico describe la limitada posibilidad en estos suelos de encontrar respuesta a la aplicación de dosis de K por debajo de este valor (Figura 6).

Los suelos con predominio de arcillas tipo 2:1, se caracterizan por alta capacidad de intercambio catiónico, con mayor contenido de arcilla pertenecientes a la motmorillonita y esméctitas, donde existen abundante cantidad de cargas negativas en las que se puede retener el catión K^+ en los bordes y superficie, así como pueden quedar retenidos entre las doble láminas de las arcillas, para servir de nutriente en otro momento y quedar protegidos del lavado.

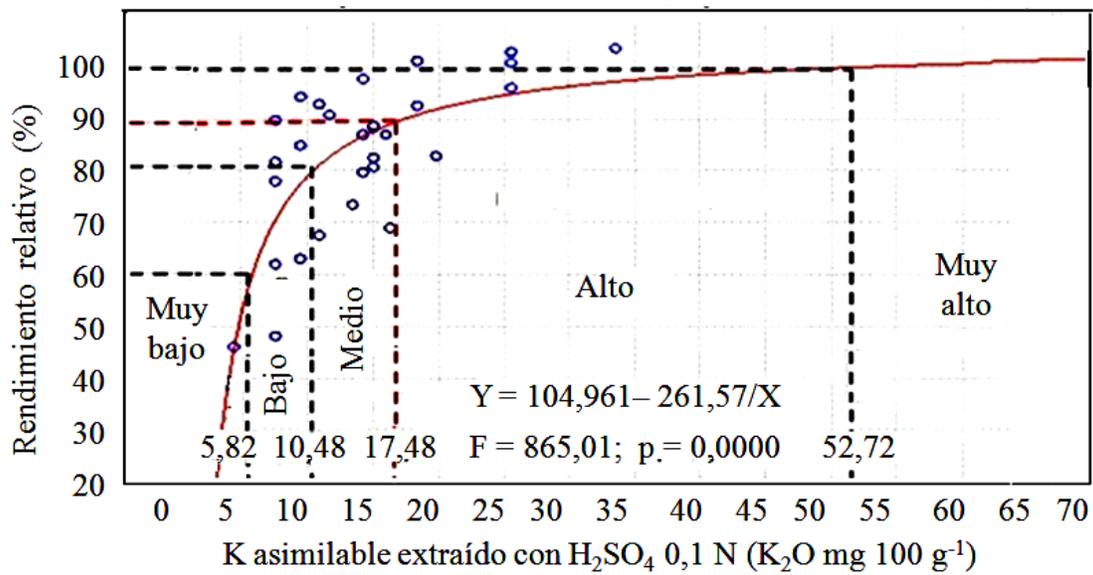


Figura 5. Determinación del nivel crítico para predominio de arcillas 1:1

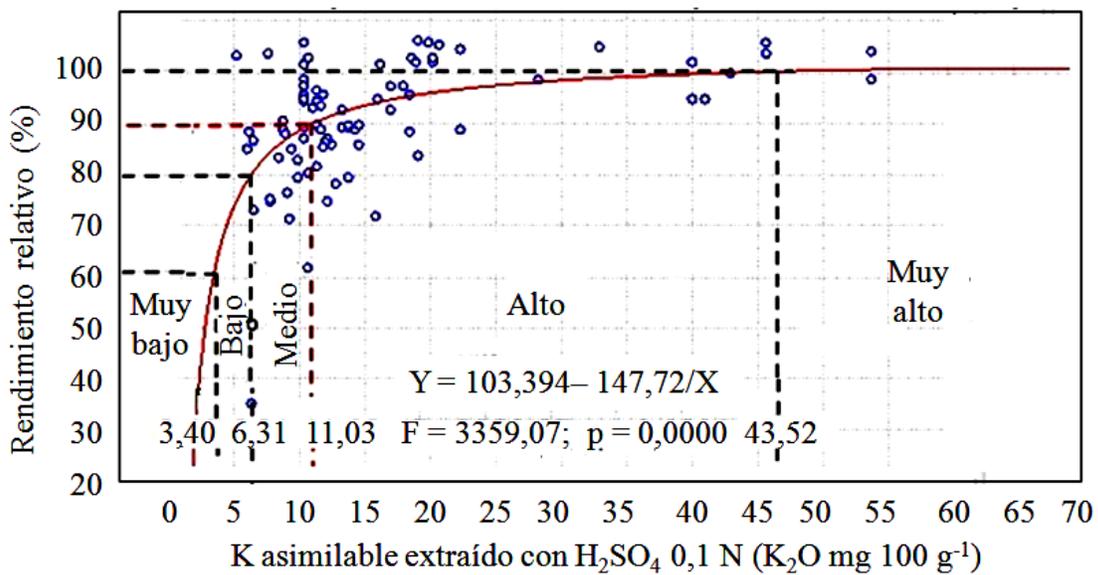


Figura 6. Determinación del nivel crítico para predominio de arcillas 2:1

Existe una marcada diferencia en la dinámica del agua y poral, entre la matriz del suelo y las grietas y fisuras, elemento a tener presente en el lavado y difusión del potasio (Cid *et al.*, 2016).

Los niveles críticos encontrados utilizando diferentes vías para su obtención, están dentro del rango de valores obtenidos por otros autores en Cuba, y demuestran la diferencia para encontrar respuesta a la aplicación de K en cada uno de los predomios de tipos de arcillas.

CONCLUSIONES

- La determinación de los niveles críticos, utilizando el método de Cate y Nelson y el de ajustes de diferentes funciones, aportaron resultados muy similares a los encontrados por otros autores para las condiciones de suelos de Cuba y también entre las dos formas de determinación.
- La función de mejor ajuste para la determinación del nivel crítico resultó ser el modelo $y = b_0 + b_1/x$
- El nivel crítico encontrado para los suelos con predominio de tipo de arcillas 1:1, pone de manifiesto la posibilidad de respuesta del cultivo a la aplicación de potasio en estas condiciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arzola, N.; Fundora, O., y Machado, J. (1981). Suelo Planta y Abonado. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 461 pp.
- Arzola, N.; Fundora, O. y De Melo, R. (2013). Manejo de suelos para una agricultura sostenible. ISBN 978-85-61848-11-8. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 529 pp.
- Cate, R. y Nelson, L. (1971). A simple statistical procedure for partitioning soil test correlation data into two classes. Soil Science Society American Proceedings, 35(4): 658-659.
- Correndo, A. y Garcia, F. (2017). Métodos de diagnóstico nutricional en cultivos extensivos en Argentina. Revista Informaciones agronómicas de Hispanoamérica. IAH, 26: 3-12.
- Cid, G.; Herrera, J.; López, T. y González, F. (2016). Resultados de algunas investigaciones en suelos Vérticos de Cuba. La Habana. Cuba. Revista Ingeniería Agrícola, 6 (2): 51-56 (abril-mayo-junio). ISSN-2306-1545.
- INICA (1990). Normas Metodológicas del Departamento de Suelos y Agroquímica. Tomo 1, 100 pp.
- IPI (2013). Fertilizing for high yield and quality sugarcane. Bulletin 21. DOI 10.3235/978-3-905887-06-81,118 pp.
- Kellermeier, F.; Armengaud, P. y Seditas, T. (2014). Analysis of the root system architecture of *Arabidopsis* provides a quantitative readout of crosstalk between nutritional signals. Plant Cell, 26: 1480-1496.
- Melgar, M.; Meneses, A.; Orosco, H.; Pérez, O. y Espinosa, R. (2014). El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala. Librerías Artemis Edinte, S.A., 81 pp. ISBN 978-9929-40-460-4.
- Meyer, J.; Rein, P. y Katehryn, M. (2011). Good management practices manual for the cane sugar industry (final). International finance corporation. Johannesburg. South Africa, 689 pp.
- Neil, W. (2016). Environmental Plant physiology. New York. USA. Editorial Garland Science. ISBN 978-0-8153-4469-8. Identifiers LCCN 2015039662, 368 pp.
- Singh, P.; Singh, S.N.; Tiwari, A.; Kumar, S.; Singh, A.; Srivastava, S. y Mohan, N. (2019). Integration for enhanced cane and sugar productivity targeting to increase farmers income: strategies and prospects. Biotech., 9 (2). DOI: 10,1007/s13205-019-1568-03.

StatSoft, Inc. (2007). STATISTICA (data analysis software system), versión 8.0. www.statsoft.com.

Waugh, D.L.; Cate Jr. R.B. y Nelson, L.A. (1973). Discontinuous models for rapid correlation, interpretation and utilization of soil analysis

and fertilizer response data. North Carolina State University at Raleigh. Contract aid 1a-646, 106 pp.

Fecha de recepción: 13 marzo 2019

Fecha de aceptación: 5 julio 2019

Agrotecnia de Cuba

ISSN impresa: 0568-3114

ISSN digital: 2414- 4673

<http://www.ausuc.co.cu>

