

Potencial Potásico en un Vertisol Crómico.

Potasic Potential in a Chromic Vertisol.

Autores: Ing. George Martín-Gutiérrez¹, Dr. C. Elio Angarica-Baró², Ing. Juan Alejandro Villazón-Gómez³, Ing. Yakelín Cobo Vidal¹, Ing. Adrián Serrano Gutierrez¹.

Organismo: Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Holguín Guaro, Mayarí, Holguín, Cuba¹. Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Oriente Sur, Los Coquitos, Palma Soriano, Santiago de Cuba, Cuba². Universidad de Holguín, Cuba³.

E-mail: george.martin@inica.holguin.cu, elio.angarica@inicas.holguin.cu

Teléf. 59 6209 ó 59 6262, 50 2254

Resumen.

El trabajo se realizó con la información obtenida de 25 perfiles de un Vertisol Crómico de la Red Geográfica Experimental del INICA de Holguín. Se tomaron datos de las determinaciones analíticas de los potenciales potásicos y sus parámetros derivados, potasio intercambiable, potasio no intercambiable, y el potasio nítrico, MO, pH(H₂O), pH(KCl) y Capacidad de Intercambio Catiónico, a los 0-25, 25-50, 50-75 y 75-100. Los resultados mostraron que existen correlaciones altamente significativas del K⁺ y K-NInt. con el KNO₃, del AR₀ vs $\pm\Delta K_0$, MO vs pK-0.5(Ca+Mg), K⁺ vs saturación por potasio y del pH(H₂O) vs K⁺, KNO₃, saturación por potasio y T en la capa arable. Con un comportamiento diferenciado en tres localidades y pendientes para los horizontes del perfil, las isothermas con pendiente pronunciada se observaron a 0-25 y 25-50 cm, la media en los 100-125 cm y la más baja en los 50-75, 75-100 y más de 125 cm.

Palabras Claves: Caña de Azúcar; potencial potásico, vertisol.

Abstract.

The work was carried out with the obtained information of 25 profiles of a Vertisol Chromic of the Geographical Experimental Net of INICA, of Holguín. They took data of the analytic determinations of the potential potasic and their derived, interchangeable potassium, non interchangeable potassium, and the nitric potassium, M.O., pH(H₂O), pH(KCl) and Capacity of Exchange Catiónico, at the 0-25, 25-50, 50-75 and 75-100. The results showed that highly significant correlations of K⁺ and K-NInt exist. with KNO₃, of AR₀ vs $\pm K_0$, MO vs pK-0.5 (Ca+Mg), K⁺ vs saturation for potassium and of the pH(H₂O) vs K⁺, KNO₃, saturation for potassium and T in the arable layer. With a behavior differed in three towns and slopes for the horizons of the profile, the isotherms with marked slope were observed to 0-25 and 25-50 cm, the stocking in the 100-125 cm and the lowest in the 50-75, 75-100 and more than 125 cm.

Keyword: Sugar Cane; potential potasic; vertisol.

Introducción.

El potasio es esencial para la activación enzimática, tiene un papel decisivo en la formación, el transporte y la acumulación de sacarosa. Controla la respiración, la absorción de agua y su conservación en la planta, entre otras funciones (**Cuellar, 2003**). Según los datos de este mismo autor (**Cuellar, 2002**), los vertisuelos son ricos en potasio total (0,50 a 1.25%), y solo una pequeña porción, menos del 15% está disponible para las plantas. Esta cantidad está determinada por la meteorización de los minerales primarios y su constitución mineralógica.

De esta manera, el contenido de potasio está estrechamente relacionado con su tipo de material parental y la pedogénesis, (**Mengel y Rahmatullah; 1994**, y **Bertsch; 1998**).

Chirinos y Herrera, (1978), plantean que la disponibilidad de potasio debe verse desde un punto de vista físico-químico, proponiendo la descripción del fenómeno con los siguientes parámetros:

- Intensidad – la actividad iónica del potasio en la solución del suelo en relación con la de los iones calcio y magnesio y con la del aluminio en caso de suelos ácidos.
- Cantidad – representa la forma lábil o intercambiable del elemento
- Capacidad – es la capacidad buffer del potencial potásico representado por la pendiente Q/I.

En general los estudios de los potenciales potásicos en los suelos tropicales son muy escasos y en los Vertisuelos es raro encontrarlos. Sin embargo, datos de **Bolt et al. (1963)**, **Beckett y Nafady (1967)**, **Moss (1968)**, **Beckett (1971)**, y **Hernández et al. (1976)**, citado por **Navarro y Váldez (1982)**, han demostrado que la mayor parte de los lugares cuyos equilibrios de intercambio se describen mediante la parte curva de la relación Q/I, están en las posiciones inter-reticulares de las partículas arcillosas, mientras que las posiciones que dan lugar a la parte lineal se encuentran en sus superficies planas.

Rubio et al. (1982), **Aguado et al., (2002)**, **Bugarín et al., (2007)**, **Zamudio et al., (2007)**, y **Bolio-López et al., (2008)**, afirman que el abastecimiento de los cultivos depende no solo del factor intensidad, o sea, del potencial potásico, sino de la capacidad del suelo de mantener este potencial a un nivel relativamente alto en el suelo, al disminuir o aumentar el contenido de potasio asimilable. Esto último tiene lugar con la extracción del cultivo o con la aplicación de fertilizantes (**Palma-López et al., 2002**). La capacidad del suelo de oponerse a la variación de este potencial, se denomina capacidad buffer del potencial potásico. Esta magnitud refleja la dependencia entre el factor intensidad y el contenido total del nutrimento móvil en el suelo, el cual se denomina factor capacidad.

A partir de estos criterios se han utilizado los potenciales potásicos como un criterio complementario de clasificación, demostrando que para cada agrupamiento de suelo existe una relación Q/I característica.

El objetivo de este trabajo es profundizar en el conocimiento de los potenciales potásicos en los Vertisuelos Crómicos cultivados con caña de azúcar en la provincia de Holguín, a fin de dar una idea más amplia en el diagnóstico de la fertilización con este nutriente en la caña de azúcar.

Desarrollo.

Materiales y métodos.

El trabajo se realizó con la información obtenida de 25 perfiles de un Vertisol Crómico de la Red Geográfica Experimental del INICA, en áreas cañeras de AZCUBA de Holguín, descritos por varios autores, desde **Bennett & Allison** en **1928**, **Bennett & Allison**, (**1966**) hasta; **Angarica**, (**2008**); **Villazón et al., com. esc.** (**2010**). Se tomaron datos de las determinaciones analíticas de los potenciales potásicos y sus parámetros derivados ($pK-0.5(Ca+Mg)$; PBC^k ; $\pm\Delta K_0$ y AR_0), potasio intercambiable (K^+), potasio no intercambiable ($K-Nint.$), y el potasio nítrico (KNO_3), Materia Orgánica (M.O.), $pH(H_2O)$, y $pH(KCl)$ y Capacidad de Intercambio Catiónico (T). a los 0-25, 25-50, 50-75 y 75-100 cm. Los métodos y soluciones extractivas se muestran en el Tabla. 1

Tabla.1. Métodos analíticos empleados en la investigación.

Determinaciones	Métodos	Unidades	Especificaciones
Materia Orgánica	Walkely-Black	Porcentaje	
$pH(H_2O)$	Potenciométrico	$-\log(H^+)$	R suelo Sol.1:2,5
$pH(KCl)$	Potenciométrico	$-\log(H^+)$	R suelo Sol.1:2,5
Cap. Inter. Cati. (T)	Sama de las Bases	$Cmol(+)kg^{-1}$	
K Intercambiable	Extracción con NH_4Ac 1N, pH 7	$Cmol(+)kg^{-1}$	R suelo Sol.1:25
K no Intercambiable (KNO_3)	Fotométrico de Llama	$Cmol(+)kg^{-1}$	R suelo Sol.1:25
K Estructural Liberado (KEL)	Fotométrico de Llama	$Cmol(+)kg^{-1}$	R suelo Sol.1:25
$pK-0.5(Ca+Mg)$	Fotométrico de Llama	$Cmol(+)kg^{-1}$	R suelo Sol.1:50
AR_0	Fotométrico de Llama	$(Mol/l)^{1/2}$	R suelo Sol.1:50
$\pm\Delta K_0$	Fotométrico de Llama	$Cmol(+)kg^{-1}$	R suelo Sol.1:50
PBC^k	Fotométrico de Llama	$mg.100g^{-1}/(mol/l)^{1/2}$	R suelo Sol.1:10

En las localidades siguientes:

Código	Localidad	Código	Localidad
602	Loynaz Hechavarría	631	Urbano Noris
604	López-Peña	639	Fernando de Dios
607	Nicaragua	640	Frank País
626	Guatemala		

A los resultados de las determinaciones se les calcularon los estadígrafos de dispersión, las correlaciones se definieron teniendo en cuenta las curvas de mejor ajuste, utilizando el software STATISTICA 8.0.

Resultados y discusión.

Para conocer la disponibilidad de potasio en el suelo es necesario determinar las diferentes fracciones de este en el suelo. Según **Cuellar (2002)**, entre ellas existe un equilibrio dinámico

que permite el reabastecimiento de las solubles y cambiables a partir de las formas menos lábiles, cuando estas disminuyen por la extracción de los cultivos, la escorrentía o el lavado.

El régimen potásico de estos suelos depende del material originario y la estabilidad mineralógica del perfil con predominio de montmorillonita saturada de potasio y presencia de feldespatos en todo el perfil; **López et al., (2002)**, y **Bolio-López et al., (2008)**, plantean que por esta mineralogía, son los altos contenidos de potasio en estos suelos y su gran capacidad para fijarlos. **Angarica, (1985)**, en estudio mineralógico de la fracción arcilla hecho a estos suelos demostró la predominancia de los minerales 2:1 (montmorillonita), que demuestra una buena cristalización y simetría en sus reflexiones. Además encontró la presencia de otros minerales asociados como metahaloisita, caolinita, goetita, cuarzo y feldespatos, mostrando una alta estabilidad vertical de la mineralogía secundaria (**Tabla.2.**).

Tabla.2. Composición mineralógica de la porción arcilla de un Vertisol Crómico. (Angarica, 1985)

Prof. cm.	Mineral predominante	Otros minerales presentes
Localidad 604, Perfil 996		
0-18	Montmorillonita	Metahaloisita, caolinita, cuarzo, goetita, feldespatos.
30-40	Montmorillonita	Metahaloisita, caolinita, cuarzo, goetita.
50-60	Montmorillonita	Metahaloisita, caolinita, cuarzo, goetita, feldespatos.
70-80	Montmorillonita	Metahaloisita, caolinita, cuarzo, goetita, atapulguita.
100-110	Montmorillonita	Metahaloisita, caolinita, cuarzo, goetita, feldespatos.
Localidad 631, Perfil 965		
0-18	Montmorillonita	Metahaloisita, cuarzo, goetita, feldespatos, atapulguita.
30-40	Montmorillonita	Metahaloisita, caolinita, cuarzo, goetita.
50-60	Montmorillonita	Metahaloisita, caolinita, cuarzo, goetita.
70-80	Montmorillonita	Metahaloisita, caolinita, cuarzo, goetita.
100-110	Montmorillonita	Metahaloisita, caolinita, cuarzo, goetita.

Los valores en el horizonte arable del potasio intercambiable (K^+), potasio no intercambiable, potasio estructural liberado, oscilan entre 0.26 y 3.22 $cmol(+).kg^{-1}$ (**Tabla.3.**), y valores medios de 0.81, 1.93 y 1.13 $cmol(+).kg^{-1}$ respectivamente, superiores a los índices críticos encontrados para diagnosticar la fertilización de la caña de azúcar bajo las condiciones de Cuba. No se observan diferencias significativas entre los valores superficiales y aquellos de los horizontes más profundos, a pesar de que los contenidos son ligeramente bajos, en estos últimos; esto puede ser debido a la extracción del potasio por el cultivo y la mineralización de estos por los microorganismos o a la baja meteorización del perfil que va disminuyendo con la profundidad resultados similares obtuvo **Chirinos y Herrera, (1978)**, y **Henríquez et al., (1994)**, y **Bolio-López et al., (2008)**.

Tabla.3. Estadígrafos de dispersión de las variables del régimen potásico de un Vertisol Crómico.

Estadígrafos		Media	Máximo	Mínimo	C.V.	Des. Stand.	Error
M.O.	%	3.79	4.84	1.27	20.63	0.78	0.17
pH (H ₂ O)	-log(H ⁺)	7.69	8.20	6.45	7.15	0.55	0.11
pH (KCl)	-log(H ⁺)	6.62	7.10	6.00	3.71	0.25	0.05
CIC	Cmol(+)Kg ⁻¹	72.51	85.84	57.32	8.96	6.49	1.30
K ⁺	Cmol(+)Kg ⁻¹	0.81	1.45	0.26	34.09	0.28	0.06
KNO ₃	Cmol(+)Kg ⁻¹	1.93	3.22	0.98	34.41	0.66	0.14
KEL	Cmol(+)Kg ⁻¹	1.13	2.18	0.48	41.72	0.47	0.10
pK-0.5(Ca+Mg)	Cmol(+)Kg ⁻¹	2.69	3.60	1.69	13.54	0.36	0.07
AR ₀	(mol/l) ^{1/2}	0.00206	0.00350	0.00030	44.97	0.00093	0.00021
±ΔK ₀	Cmol(+)Kg ⁻¹	-0.34	-0.10	-0.62	-38.52	0.13	0.03
PBC ^k	Cmol(+)Kg ⁻¹ (mol/l) ^{1/2}	158.64	228.57	114.20	20.72	32.87	7.35

Cuando se analizaron las diferentes fracciones del potasio presente se observó que el intercambiable, constituye el 27% en el primer horizonte (0-25 cm), y se mantiene entre 10-15% en el resto. En la **figura.1.**, se observa que existe una correlación altamente significativa (0.99), entre el K y la saturación de potasio (SK), en la solución del suelo, demostrando que la liberación de las diferentes formas de potasio, mantienen valores por encima del nivel crítico, **Chirinos y Herrera, (1978), Novozamsky y Houba (1987), y Uribe y Cox, (1990)**, citados por **Espinosa (1995)**, y **Bolio-López et al., (2008)**.

El pK-0.5 (Ca+Mg) y AR₀ tienen una correlación altamente significativa con el KNO₃⁻, (-0.93 y 0.92 respectivamente); y el ±ΔK₀ correlaciona altamente significativo con el AR₀ (-0.98), demostrando la capacidad de estos suelos por mantener el equilibrio entre estas fracciones en el perfil, resultados similares obtuvo **Angarica, (1985), Henríquez et al., (1994), Maia y Ribeiro (2004)**, y **Bolio-López et al., (2008)**.

La materia orgánica correlaciona altamente significativo con pK-0.5 (Ca+Mg) (0.95), en los primeros 25 cm, la materia orgánica tiene una categoría de mediana (3.79%), el que resulta elevado bajo las condiciones meteorización de estos suelos aunque realmente el potasio orgánico carece de interés para la nutrición de la caña de azúcar.

El pH en agua también correlaciona de forma altamente significativa con K⁺, KNO₃⁻, SK y la Capacidad de Intercambio Catiónico (T), con valores de -0.98, -0.93, -0.95 y -0.96 respectivamente, determinando la fijación de este nutriente en dependencia del valor T, además estos suelos son poco meteorizados por lo que el potasio liberable es mucho más alto, similar resultado que **Cuellar (1984)**.

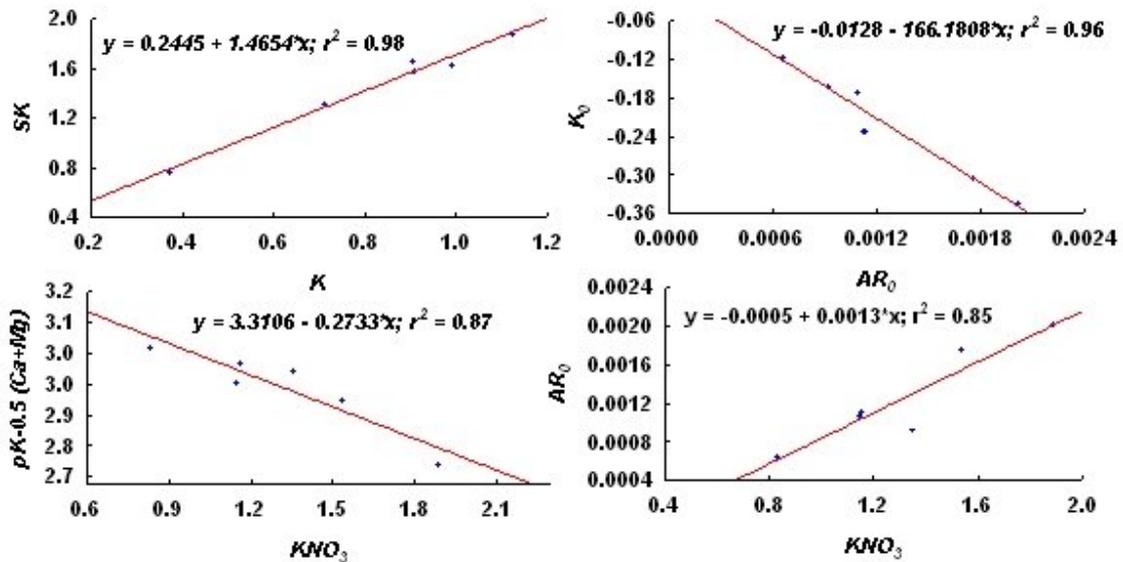


Figura.1. Comportamiento de las correlaciones del K^+ vs SK y AR_0 vs $\pm\Delta K_0$ (arriba), y K^+ y KEL con el KNO_3 (abajo), en la superficie (0-25 cm) de un Vertisuelo Crómico.

Potencial potásico.

El potencial potásico no expresa el contenido absoluto de una forma u otra forma de potasio en el suelo, es la facilidad que tiene de pasar de la fase sólida a la líquida o sea es una evaluación cualitativa. En el **Tabla.2.** se muestran los estadígrafos de dispersión de los valores de pK-0.5 (Ca+Mg), en la superficies (0-25 cm), con un valor medio de 2.69 y una gran amplitud entre sus valores limites (1.69 a 3.60), rangos similares obtenidos por **Rubio, (1982)**. Correlaciona positivamente con la profundidad (0.88).

Relaciones de capacidad intensidad (Q/I)

Esta relación permite ver la variación que tendrá el suelo si le aplica fertilizante potásico o se extrae potasio por el cultivo, lavado, etc. La formas de las isoterms Q/I fueron rectas en toda su extensión, lo que se debe a la composición mineralógica de estos suelos, **Fassbender, (1975)**, **Chirinos y Herrera, (1978)**, **Angarica, (1985)**, y **Bertsch (1998)**, lo asocian con la ausencia de minerales fijadores de potasio como la ilita en los suelos tropicales.

Las relaciones de capacidad/intensidad del potasio consisten fundamentalmente de tres parámetros: $\pm\Delta K_0$, AR_0 y PBC^k , con valores medios de -0.34, 0.00206 y 158.64 respectivamente. El comportamiento del AR_0 con la profundidad, correlaciona de forma negativa (-0.88), disminuyendo con la profundidad, al contrario del $\pm\Delta K_0$ (0.81), que aumenta con la misma.

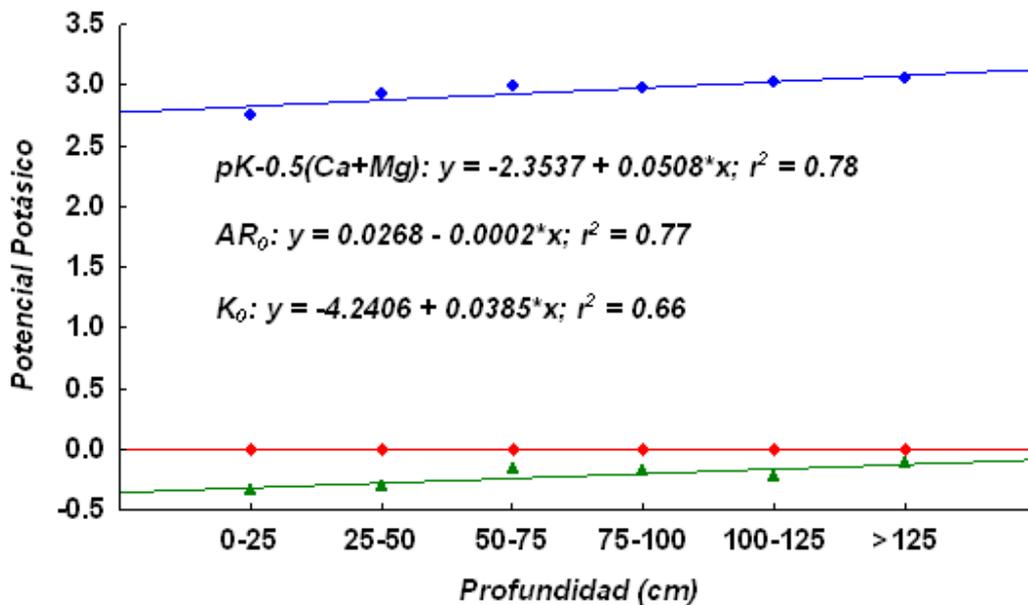


Figura.2. Potencial potásico y sus parámetros derivados ($pK-0.5(Ca+Mg)$); $\pm\Delta K_0$ y AR_0), en los Vertisoles Crómicos en las diferentes profundidades.

El $\pm\Delta K_0$, es la parte más asimilable del potasio móvil, estos son los cationes que se encuentran en la superficie de los cristales, desde el punto de vista mineralógico. Los rangos de variación del $\pm\Delta K_0$ o potasio lábil es de -0.62 hasta -0.10 $Cmol(+)Kg^{-1}$; datos similares presentó **Rubio**, (1982), y **Cuellar**, (1984). Los altos valores encontrados en los primeros 50 cm indican la alta disponibilidad del potasio cambiante en la solución del suelo. Este parámetro tiene correlaciones significativas con el K^+ , KNO_3 y el $pK-0.5(Ca+Mg)$ (-0.85, -0.89 y 0.85 respectivamente), como se mostró anteriormente en la **Figura.1**.

Cuando el potasio no se adsorbe ni se libera o la solución del suelo está frente a un equilibrio con índice de intensidad cualitativo o razón de actividad del potencial potásico (AR_0), el cual en estos suelos se mueve entre valores de 0.00030 y 0.00350 $(mol/l)^{1/2}$, con tendencia a disminuir en la profundidad, muy similares a los reportes de **Rubio**, (1982), y **Diatta et al.**, (2006). Su comportamiento es parecido al K^+ , es decir, que se refleja en un desplazamiento hacia las regiones donde las intensidades son más bajas, relacionado con el valor T de los distintos horizontes, tendencias muy similares a las de los suelos Ferríticos Púrpura, obtenidas por **Váldez & Navarro**, (1983). El AR_0 correlaciona significativamente con los incrementos de los valores de K^+ , pH (H₂O), pH (KCl), y $pK-0.5(Ca+Mg)$, con valores 0.82, -0.88, -0.90 y -0.91, respectivamente.

El PBC^k es sinónimo de resistencia al cambio, actúa como un buffer del potencial potásico, sus valores se encuentran entre 114.20 - 228.57 $mg.100g^{-1}/(mol/l)^{1/2}$, como se mostró anteriormente en la **figura.2.**, los valores de PBC^k en los diferentes horizontes es alta, teniendo una capacidad de reposición de este nutriente a la solución del suelo cuando es extraído o lixiviado, manteniendo la intensidad de este, ante la fertilización potásica, al igual que los resultados de **Váldez & Navarro**, (1983), **Karpinets**, (1993), **Conti et al.**, (2001), y **González et al.** (2004).

En la **Figura.3.**, se expone la relación Q/I, las formas rectas de las isothermas, indican que se produce en un intercambio específico interreticular característico de los minerales montmorilloníticos. **Navarro y Váldez (1982)**, **Váldez & Navarro, (1983)**, y **Angarica, (1985)**, los reportan como predominante en el perfil de estos suelos y por ello poseen grandes reservas de potasio. Sin embargo, tienen un comportamiento diferente en estas localidades, donde se puede observar 3 grupos, el primero con una gran pendiente representado en las localidades 607, 631 y 639, lo cual es síntoma de una gran riqueza potásica, 602 y 626 con pendiente media y 604 y 640 con pendiente baja a pesar de esto, se confirma el hecho que los experimentos montados en esos sitios no han respondido significativamente a la fertilización potásica; estos resultados han sido corroborados en estos suelos.

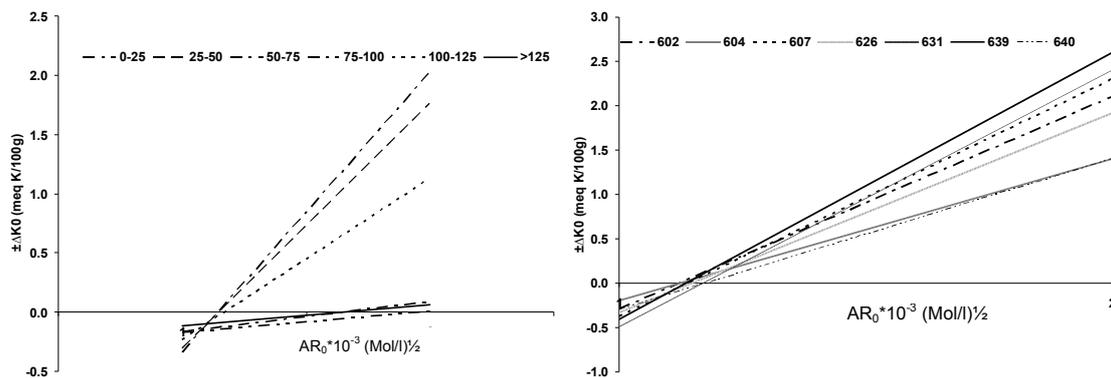


Figura.3. Capacidad Buffer del Potencial Potásico (PBC^k), en las diferentes localidades y profundidades, en un Vertisol Crómico.

Las pronunciadas pendientes de las profundidades 0-25 y 25-50 cm con relación a las de los horizontes sub-húmicos, demuestra que las reservas potenciales del potasio en el suelo están en los primeros 50 cm, teniendo la capacidad de mantener constante su potencial potásico, a costa de los horizontes inferiores, pese a las transformaciones que pueda tener el potasio asimilable por las extracciones que realiza el cultivo.

Los porcentajes de saturación del potasio fue de 1.87 en la superficie hasta 0.76 en el último horizonte, relacionándose que en los horizontes en que más se liberó potasio (KEL), fueron los más saturados, coincidiendo con **Chirinos y Herrera, (1978)**, **Cuellar, (1984)**, **Bertsch (1998)**, y **Bolio-López et al., (2008)**.

Conclusiones.

1. Existen correlaciones altamente significativas del K⁺ y K-NInt. con el KNO₃, del AR₀ vs ±ΔK₀, MO vs pK-0.5(Ca+Mg), K⁺ vs SK y del pH en agua vs K⁺, KNO₃, SK y T en la capa arable.
2. Comportamiento diferente en las localidades, donde se observa 3 grupos, el primero con una gran pendiente representado en las localidades 607, 631 y 639, lo cual es síntoma de una gran riqueza potásica, con una pendiente media en 602 y 626, una pendiente baja en 604 y 640.
3. En los diferentes horizontes del perfil del suelo, las isothermas con pendiente pronunciada en las profundidades correspondiente a 0-25 y 25-50 cm, una pendiente media en los 100-125 cm y una pendiente baja en los 50-75, 75-100 y más de 125 cm.

Bibliografía.

- Aguado L., G., J. D. Etchevers, C. Hidalgo M., A. Galvis S. y G. A. Aguirre. (2002). Dinámica de potasio en suelos agrícolas. *Agrociencia*, 36, 11-21.
- Angarica B., E. (1985). Caracterización agroquímica y uso de los fertilizantes en la caña de azúcar en suelos Oscuros Plásticos grises amarillentos de las Provincias Holguín y Santiago de Cuba. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar, 105.
- Angarica, Baró, E. M. (2008). Manejo integrado de los Vertisuelos y Pardos Plastogénicos del valle del Cauto beneficiados con riego y drenaje superficial parcelario. Sus incidencias en el agroecosistemas cañero. Holguín. Cuba, 54.
- Bertsch, Floria. (1998). La fertilidad de los suelos y su manejo. Edición de la Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo, 157.
- Bolio-López, G. I., S. Salgado-García, D. J. Palma-López, L. C. Lagunes-Espinoza, M. Castelán-Estrada, J. D. Etchevers-Barra. (2008). Dinámica del potasio en Vertisoles y Fluvisoles cultivados con Caña de Azúcar. *Terra Latinoamericana*, 26, 253-263.
- Bugarín M., R., A. Galvis S., T. M. Hernández M. y D. García P. (2007). Capacidad amortiguadora y cinética de liberación de potasio en suelos. *Agric. Téc. Méx.*, 33, 73-81.
- Conti, M. E., A. M. de la Horra, D. Effron, and D. Zourarakis. (2001). Factors affecting potassium in Argentine agricultural soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 32, 2679-2690.
- Cuéllar, Ayala I.; Villegas-Delgado R.; de León-Ortiz M.; Gómez-Ruiz A.; Gómez-Piñón Dolores & Santana-Aguilar I. (2003). *Caña de azúcar. Paradigma de sostenibilidad*. La Habana. Ediciones Publicinica, 175.
- Cuéllar, Ayala, I.; Villegas-Delgado R.; de León-Ortiz, M. & Pérez-Iglesias. H. (2002). Manual de fertilización de la caña de azúcar en Cuba. La Habana. *Ediciones Publicinica*, 127.
- Chirinos, A. V. & Herrera, R. (1978). Estado de potasio y su relación con la mineralogía de las arcillas en 12 suelos agrícolas de portuguesa. *Agronomía Tropical*, 28(2), 125-149.
- Diatta J., B., Z. W. Kocialkowski W., and W. Grzebisz. (2006). Evaluation of potassium quantity-intensity parameters of selected polish agricultural soils. *Electron. J. Polish Agric. Univ., Agronomy*, 9, 1-14.
- Dirección General de Suelos y Fertilizantes. (1984). *Manual de interpretación de los suelos*. Editorial Científico-Técnica. La Habana., 136.
- Fassbender, H. (1975). Química de Suelos, con énfasis en suelos de América Latina. IICA, Turrialba. Costa Rica, 398.
- Fundora, O.; Sancho, J. A. y Barry, T. (1977). Formas de potasio y capacidad de fijación en dos suelos cubanos. II Simposio de Ciencias Agrícolas. Universidad Central de Las Villas, 24.
- González, M., Moreno, G., Conti, E. Giardina, M., E. (2004). Uso del índice de residualidad para mejorar el diagnóstico de la fertilización potásica en suelos de Argentina. *Agric. Téc. Santiago*. 64, 95-100.
- Henríquez, C., E. Bornemisza, F. Bertsch. (1994). Fijación de potasio en Vertisoles, Inceptisoles, Andisoles y Ultisoles de Costa Rica. *Agron. Costarricense*, 18, 133-140.
- López M., Álvarez E., Fernández, M. (2002). Potasio en suelos de Galicia y su relación con la Mineralogía. *Edafología*, 9, 305-312.
- Maia L., J. L., Ribeiro, M. R. (2004). Cultivo contínuo da cana-de-açúcar e modificações químicas de um Argissolo Amarelo fragipânico. *Pesq. Agropec. Bras.*, 39. Brasília, 1127-1132.

- Mengel, K.; Rahmatullah C. (1994). Explotation of K by various crops species from primary minerals in soils rich in micas. *Biol. Fertili. Soils*, 17,75-79.
- Navarro, Norys & Valdés Magaly (1982). Potenciales potásico en tres tipos de suelos de Cuba. *Ciencias de la Agricultura*, 13. La Habana, 91-99.
- Palma-López., D. J., S. Salgado G., J. J. Obrador O., A. Trujillo N., L. C. Lagunes E., J. Zavala C., A. Ruiz B. y M. A. Carrera M. (2002). Sistema integrado para recomendar dosis de fertilización en caña de azúcar (SIRDF). *Terra*, 20, 347-358.
- Valdés Magali & Navarro, Norys. (1983). Relaciones Q/I y Capacidad tampón de potasio en suelos Ferríticos Púrpura de Cuba. *Ciencias de la Agricultura*, (15). La Habana, 103-108.
- Villazón Gómez, J. A.; Martín Gutiérrez, G.; Cobo Vidal, Yakelín, Serrano Gutiérrez, A. (2010). Características Morfológicas de un Vertisol Crómico en la Llanura de Alto Cedro, 11 p.
- Zamudio-González, B., A. Vázquez-Alarcón, J. A. Salazar-Hernández, G. Alcántar-González. (2007). Disponibilidad y movimiento vertical de potasio en Fluvisoles con riego por goteo simulado. *Terra Latinoamericana*, 25, 287-295.

Fecha de recibido: 7 jul. 2014
Fecha de aprobado: 8 sep. 2014