FERTILIDAD EDÁFICA POTENCIAL SEGÚN LA CIC DETERMINADA CON CLORURO DE AMONIO

Orlando Rodríguez¹; Elicel Guerra¹; Vianel Rodríguez¹; Manuel Henríquez¹; Aymara Sánchez¹; Betty Mendoza¹; Zulime Rodríguez²

¹Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA), Venezuela.
orlandorodriguez@ucla.edu.ve, ²Universidad del Zulia, Venezuela.

RESUMEN

La capacidad de intercambio de cationes, reviste importancia al evaluar de la fertilidad de suelos. Se caracterizaron 32 suelos, provenientes de los nueve municipios del estado Lara con la finalidad de desarrollar los rangos de suficiencia de la CIC. Los cationes cambiabiles fueron extraídos con Cloruro de Amonio 0,2 N (CA). La capacidad de intercambio de cationes fue determinada por sumatoria de los cationes extraídos. La CIC por CA de estos suelos presentó variación debido a diferencias en sus factores de formación. Se consiguieron valores bastante variables de la CIC en los suelos, con una media de 12,41 $\text{cmol}^+ \text{kg}^{-1}$ y el pH conseguido estuvo entre 3,3 y 8,1. Se generaron rangos de suficiencia de la CIC de estos suelos, en función de 5 rangos diferenciados conseguidos del pH del suelo. La CIC aumentó con el incremento del pH.

Palabras clave: NH_4Cl , rango, capacidad, intercambio, catiónico.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se define como fertilidad potencial de un suelo, a la capacidad de este de suplir los nutrientes minerales que las plantas necesitan, para obtener su nutrición y produzcan sus cosechas.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC), se determina a partir de la cantidad adsorbida de un catión índice, al hacer pasar una solución que contenga dicho catión a través de una muestra de suelo o, a través de la sumatoria de los cationes extraídos del complejo de cambio del suelo. Los métodos más utilizados emplean como catión índice el NH_4^+ , el K^+ , el Na^+ ó el Ba^{++} , en soluciones generalmente tamponadas. Los métodos rutinarios para determinar la CIC son: Cloruro de Bario Trietanolamina a pH 8,2 (BaCl_2 -TEA), Acetato de Amonio 1 N a pH 7 y Acetato de Sodio a pH 8,2 (Rhoades, 1982), o por sumatoria de las bases extraídas con Acetato de Amonio 1 M al pH en que el suelo se encuentra en el campo, mas la acidez intercambiable extraída con KCl 1N, esta determinación es denominada CIC efectiva (CICE) (Juo *et al.*, 1976).

El Acetato de Amonio 1N pH 7 (AA) y el Acetato de Sodio 1N pH 8,2 (AS), presentan dificultades para la adecuada evaluación de la CIC, debido a que incrementan la carga variable de los suelos ácidos y por tanto la incrementan de manera no predecible (Rhoades, 1982) y por otro lado, en los suelos con carbonatos, el ión acetato los disuelve, lo cual sobrestima los valores de las bases de cambio obtenidas con el método del Acetato de Amonio (Thomas, 1982). Sin embargo, el AA es utilizado como el método de rutina prácticamente universal para determinar la CIC con propósitos de clasificar los suelos, según la Taxonomía de Suelos (Soil Survey Staff, 1999).

Reeve y Sumner (1971) señalaron en sus trabajos experimentales, que los valores reales de la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), del porcentaje de saturación con bases (PSB) y de la acidez efectiva (Al + H) en un suelo llevado al laboratorio, deberían ser los mismos que se consiguen en el campo y que ocurren al pH natural del suelo. Sobre la base de esa premisa, estos autores afirman que la determinación de la CIC a valores de pH modificados por el extractante utilizado, son de escaso valor en los trabajos de fertilidad de suelos y comprobaron que el Cloruro de Amonio 0,2 N (CA), se comporta como una sal neutra y no modifica el pH natural del suelo. Por ello utilizaron al CA, como el extractante de los cationes en los suelos en sus estudios de fertilidad.

Además de ese trabajo citado, diversos autores han determinado que la extracción de cationes de intercambio con el CA tiene una serie de atributos y ventajas, a continuación se citan las siguientes.

Rodríguez y Rodríguez (2002) reportan que el CA:

- a- Arrojó resultados con baja variabilidad y una gran homogeneidad estadística, lo que le confiere una gran validez como método de determinación de las bases de intercambio, debido a que no altera la reacción del suelo ni las cargas variables
- b- Tiene como ventaja su simplicidad y la eliminación de fuentes de error inherentes en otros métodos, debido a que no modifica la reacción del suelo ni disuelve los carbonatos.
- c- Presentó ventaja con relación a los métodos del AA y del AS, ya que produjo resultados repetitivos y estables en suelos con diferentes características y diferentes pH.

Henríquez *et al.*, (2005) reportaron que:

- a- La baja desviación típica de los resultados de la CIC con el uso del CA, obtenidos en la fracción arcilla caolinítica estudiada y la falta de diferencias estadísticas entre la CIC determinada por el CA y el AA sugieren, la pertinencia, viabilidad y confiabilidad del CA como metodología de rutina para determinar la CIC en los materiales probados.
- b- El método del CA resulta menos costoso y requiere menos esfuerzo del laboratorio que el de los otros dos métodos probados el AA y el AS.

Rodríguez *et al.* (2011) señalaron lo siguiente:

- a- El CA presentó valores de extracción de Mg, K y Na con una elevada asociación estadística a la de los mismos cationes extraídos con el AA, al utilizársele para determinar los cationes del complejo de cambio y la capacidad de intercambio catiónico mediante la sumatoria de los cationes que extrae.
- b- La capacidad de intercambio y por ende de aporte de cationes de los suelos estudiados, está directamente relacionada con su pH y que el método del CA no estuvo influenciado por el pH del suelo ni por los carbonatos, mientras que el AA si lo estuvo, por lo cual, esta propiedad sugiere al CA, como un método confiable para determinar la cantidad de Ca y de los demás cationes básicos que el intercambio de cationes pone en realidad a disposición de las plantas.
- c- Concluyen que las propiedades y ventajas determinadas para el CA, permitirían utilizar rutinariamente esa metodología en la evaluación de la fertilidad potencial de suelos, mediante la determinación de esos cationes de intercambio y la capacidad de intercambio de cationes por sumatoria de los cationes extraídos.

El punto crítico en la implementación de cualquier sistema de diagnóstico es el establecimiento de los valores de referencia (Prevot y Ollagnier, 1957). Sin referencias no se puede hacer el diagnóstico. Por un lado, algunos ejemplos de sistemas de diagnóstico

con valores de referencia lo constituyen; el nivel crítico (Macy, 1936); el nivel crítico fisiológico (Pimentel Gomes, 1957) y el rango del nivel crítico (Melsted, *et al.*, 1969), los cuales definen a la concentración del nutriente o su rango por debajo del cual la producción está limitada y por encima del cual la fertilización ya no es económica. Mientras que en relación a la implementación de los valores de referencia, Beaufils (1973) propone la formación del banco de datos a través del inventario, encuestas o revisión bibliográfica de todos los datos disponibles de las actividades de los agricultores y/o de las condiciones experimentales.

La alternativa más difundida con el enfoque de generar un amplio banco de datos, basada en extraer información de datos ya existentes y procesarlos (Beaufils, 1973; Sumner, 1977), fue la utilizada para la elaboración de este artículo.

Sobre la base de los antecedentes favorables del uso del CA y dada la necesidad de evaluar la fertilidad potencial del suelo con un método rutinario, relativamente económico y sencillo, se tomó como objetivo de este trabajo, el desarrollar unos valores de referencia de la CIC por el método del CA, como valores diagnóstico de la fertilidad potencial de suelos.

MATERIALES Y METODOS

Para desarrollar los rangos de suficiencia se utilizó la alternativa basada en utilizar información existente y procesarla. Se utilizó la información de 32 suelos diferentes, provenientes de los 9 municipios del estado Lara. Se utilizó determinación potenciométrica para el pH. El método para determinar la CIC por CA se detalla en Reeve y Sumner (1971); Rodríguez y Rodríguez (2002); Rodríguez *et al.* (2011). A los datos de CIC, se les determinó su normalidad, bien aplicando la prueba de Shapiro y Wilk (1965), o transformándolos de acuerdo a lo propuesto por Box y Cox (1964) y como tal, fueron analizados posteriormente. En los casos que no se lograra la normalidad de los valores transformados mediante los procedimientos indicados, se procedió a estratificarlos en función a rangos de la CIC seleccionados por los autores, con la finalidad de buscar la normalidad en la distribución de los datos. Los rangos de CIC en $\text{cmol}^+ \text{kg}^{-1}$ utilizados para la normalización de los datos en esos casos fueron: 0-4,99; 5-9,99; 10-19,99; 20-49,99; mayor a 50,0. Con la finalidad de determinar los rangos de la CIC, los datos fueron reagrupados en función del pH de las muestras, de manera que para cada rango de pH se estableciesen los rangos reales de CIC de esos suelos. Esos rangos de CIC fueron desarrollados a partir de las medias de los valores de la CIC encontrados en cada uno de los rangos determinados como estadísticamente diferenciados ($P > 0,05$). Esta diferenciación fue obtenida sumando y restando a la CIC media de cada rango, la desviación estándar en: 1,5, 1, 0,5 o hasta 0,3 veces, para determinar el nivel en el cual no existiese solapamiento de los valores de CIC cada rango. Una vez obtenidos esos rangos de CIC, les fue determinado el pH respectivo de esos valores, mediante un procedimiento de regresión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La CIC por CA de estos suelos presentó gran variación (Cuadro 1). La dispersión de los valores se evidencia en los altos valores del coeficiente de variación, originados por la gran variabilidad de los suelos estudiados. Los suelos difieren en razón de sus factores de formación condicionantes. Se consiguieron diferencias en: Material parental (suelos residuales y suelos aluviales); Tiempo de formación (suelos desarrollados de materiales,

cretácicos, terciarios y cuaternarios); Relieve (planicies aluviales, relieve escarpado); Clima (semiárido, subhúmedo), Biota (contenido de materia orgánica y tipos de vegetación xerofítica, de bosque subhúmedo y de bosque húmedo).

Los valores de la CIC estuvieron entre 0,54 y 33,08 $\text{cmol}^+ \text{kg}^{-1}$, con una media de 12,41 $\text{cmol}^+ \text{kg}^{-1}$ y el pH del suelo estuvo entre 3,3 y 8,1 (Cuadro 1). Haciendo abstracción de la variabilidad de la CIC por la dispersión de los datos, podría señalarse que ese valor medio de la CIC por CA (Cuadro 1), separa suelos de baja CIC ($<12,41 \text{ cmol}^+ \text{kg}^{-1}$) y alta CIC ($>12,41 \text{ cmol}^+ \text{kg}^{-1}$). En razón de esa variabilidad de la CIC, se consideró obligante la estratificación de esos datos, para poder discutir los resultados.

Cuadro 1. Estadística descriptiva de los valores medios de la CIC obtenida con el Cloruro de Amonio 0,2 N (CIC-CA) y pH de las muestras.

Parámetro	CA	pH
Estadísticos	CIC ($\text{cmol}^+ \text{kg}^{-1}$)	---
Media	12,41	5,94
DE	17,54	1,59
Mínimos – Máximos	0,54 - 33,08	3,3 - 8,1
CV	141,27	26,82

Desviación Estándar (DE); Coeficiente de Variación (CV).

Estratificación

La variabilidad de los datos sugirió realizar un proceso de estratificación de estos, para determinar sus tendencias. Debido a la variabilidad observada en los valores de la CIC conseguida en cada rango de pH y debido a que se consiguieron solapamientos entre los valores de un rango de pH con el del rango vecino, se realizaron aproximaciones sucesivas de estos, utilizando los valores de la desviación estándar, hasta conseguir evitar los solapamientos de los valores entre los rangos propuestos. En este proceso, el margen de amplitud seleccionado al final, fue de 0,3 veces la desviación estándar.

Los resultados con los rangos propuestos para evaluar la CIC por el CA, son presentados en el Cuadro 2. En ese Cuadro 2, se evidencia que mediante la estratificación, la dispersión de los datos disminuye considerablemente, por lo cual las pruebas de medias se realizaron a través de los rangos de valores de la CIC allí definidos e indicados. Los rangos allí presentados, tiene validez estadística, motivado a que provienen de una población con distribución normal en cada uno de los rangos propuestos, igualmente distribuidos a ambos lados de la media y por ende, pueden ser utilizados para interpretar la CIC de las áreas muestreadas en los municipios del estado Lara.

Para los estudios de correlación y de calibración del CA, que permitan la determinación y discriminación de la relación entre la cantidad de un nutriente extraído por el CA y la absorción de nutrientes por las plantas, o bien, el desempeño de las plantas expresado a través del rendimiento para determinar los requerimientos de nutrientes de un cultivo a diferentes valores de los análisis de suelos, es necesario realizar los estudios pertinentes. Un aporte del presente trabajo, consiste en la identificación de la relación entre los rangos de la

CIC y el pH, con lo cual, se tienen clarificados los rangos sobre los cuales se ejercería con mayor refinamiento, la correlación y calibración del método.

Cuadro 2. Estadística descriptiva de la CIC obtenida con Cloruro de Amonio 0,2 N (CIC-CA), sus rangos de suficiencia por rangos del pH y su fertilidad potencial.

Estadísticos	CIC-CA ($\text{cmol}^+ \text{kg}^{-1}$)	Rango de suficiencia de la CIC-CA ^a	pH medio y rango de pH	Fertilidad potencial
Media	1,50	MUY	4,03	MUY BAJA
DE	0,65	DEFICIENTE	3,3-5,0	
Mínimos y máximos en el rango	0,54-2,55	0,85-2,15		
CV	43,42			
Media	5,19	DEFICIENTE	5,05	BAJA
DE	2,16	3,03-7,35	4,0-6,4	
Mínimos y máximos en el rango	1,09-7,88			
CV	41,79			
Media	10,52	SUFICIENTE	6,73	MEDIA
DE	4,43	2,53-7,33	6,1-7,3	
Mínimos y máximos en el rango	2,9-16,5			
CV	42,15			
Media	15,26	ELEVADA	7,38	ALTA
DE	5,68	9,76-20-94	5,2-8,1	
Mínimos y máximos en el rango	6,5-23,56			
CV	45,3			
Media	24,02	MUY	7,72	MUY ALTA
DE	7,85	ELEVADA	7,3-7,9	
Mínimos y máximos en el rango	13,33-33,08	16,17-31,87		
CV	32,71			

Desviación Estándar (DE); Coeficiente de Variación (CV). ^aEl rango de suficiencia se obtiene restando y sumando la desviación estándar al valor de la media.

CONCLUSIONES

El pH de los suelos estudiados estuvo entre 3,3 y 8,1.

Los rangos de suficiencia de la CIC por CA se desarrollaron en función de esos rangos de pH.

Los valores de la CIC por CA de estos suelos incrementaron con el aumento del pH.

Los valores de la CIC por CA estuvieron entre 0,54 y 33,08 $\text{cmol}^+ \text{kg}^{-1}$.

Los rangos presentados pueden ser utilizados para interpretar la CIC de las áreas muestreadas en los municipios del estado Lara.

BIBLIOGRAFÍA

Beaufils, E. R. 1973. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). A general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from

- research in plant nutrition. University of Natal. Soil Science. Pietermaritzburg, Sud Africa. 1:1-130.
- Box, G. E. P., D. R. Cox. 1964. An analysis of transformation. *Journal of Royal Statistics Society. Series B*, 26: 211-234.
- Henríquez M.; J. Pérez; J. Gascó, O. Rodríguez. 2005. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico en arena y en caolín, con Acetato de Amonio, Acetato de Sodio y Cloruro de Amonio. *Bioagro*. 17: 59-62.
- Juo, A. S. R.; S. A. Ayanlija, J. A. Ogunwale. 1976. An evaluation of cation exchange capacity measurements for soils in the tropics. *Commun. Soil Sci. Plant Anal*. 7: 751-761.
- Macy, P. 1936. The quantitative mineral requeriments of plants. *Plant physiol.*, 11:749-764.
- Melsted, S. W.; H. L. Motto; T. R. Peck. 1969. Critical plant nutrient composition values useful in interpreting plant analysis data. *Agron. J*. 61:17-20.
- Pimentel Gomes, F. 1957. Análise conjunta de 38 experimentos de adubação de cana de açúcar. *Rev. Agric*. 32:113-126.
- Reeve, N., M. E. Sumner. 1971. Cation exchange capacity and exchangeable aluminum in Natal Oxisols. *Soil Soc. Am. Proc*. 35: 38-42
- Rhoades, J. 1982. Cation Exchange Capacity. In: A.L.Page, R.H.Miller, and D.R.Keeney (Eds.) *Methods of Soil Analysis. Part. 2. Agron. Monog. 9*. p.p. 149-157. Am. Soc. Agron. Madison, WI.
- Rodríguez O., A. Rodríguez. 2002. Comparación de la CIC en dos suelos, utilizando Acetato de Amonio, Acetato de Sodio y Cloruro de Amonio. *Revista de la Facultad de Agronomía-LUZ*. 19: 253-263.
- Rodríguez, O; E, Guerra; V, Rodríguez; M, Henríquez; A. Sánchez; B. Mendoza, Z. Rodríguez. 2011. Capacidad de extracción de cationes mediante acetato de amonio, acetato de sodio y cloruro de amonio. *Interciencia*. 36:219-223.
- Shapiro, S. S. M. B. Wilk. 1965. An analysis of variance test for normality (Complete samples). *Biometrika*, 52:591-611.
- Soil Survey Staff. 1999. *Soil Taxonomy*. 2^a Ed. USDA, NRCS. EEUU. 780 p.
- Sumner, M. E. 1977. Applications of Beaufils diagnostics indices to maize data published in the literature irrespective of age and conditions. *Plant Soil*. 46: 359-369.
- Thomas, G. 1982. Exchangeable Cations. In: A.L.Page, R.H.Miller and D.R.Keeney (Eds.) *Methods of soil analysis. Part. 2. Agron. Monog. 9*. p.p. 159-165. Am. Soc. Agron. Madison, WI.