

## NOTA TÉCNICA

# DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO EN ARENA Y CAOLÍN USANDO ACETATO DE AMONIO, ACETATO DE SODIO Y CLORURO DE AMONIO

Manuel Henríquez<sup>1</sup>, Juana Pérez<sup>2</sup>, José M. Gascó<sup>2</sup> y Orlando Rodríguez<sup>1</sup>

### RESUMEN

La capacidad de intercambio de cationes (CIC) de los suelos depende de las condiciones de su determinación. Se ha reportado que los métodos de extracción con acetato de amonio y acetato de sodio modifican los valores naturales de la CIC, a la vez que se indica que el uso de cloruro de amonio puede eliminar las fuentes de error introducidas por los acetatos. En el presente trabajo, la CIC determinada mediante extracción y sumatoria de cationes con  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  1 N pH 7 y con  $\text{CH}_3\text{COONa}$  1N pH 8,2 en arena y caolín (arcilla), fue comparada con la determinada por sumatoria con  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0,2N al pH natural de la muestra. Los resultados fueron evaluados mediante un diseño totalmente aleatorio con cinco repeticiones y comparación de medias mediante MDS. Para la arena se consiguieron valores estadísticamente diferentes, por lo que no pudo establecerse correlación entre ambos métodos. No se consiguieron diferencias significativas entre la CIC del caolín determinada con  $\text{NH}_4\text{Cl}$  o con  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ . En consecuencia, los valores fueron considerados semejantes. Se consiguió una baja desviación estándar de los valores obtenidos con el cloruro de amonio, lo cual sugiere que su uso podría ser confiable como método de rutina en suelos arcillosos.

**Palabras clave adicionales:** Química de suelos, metodología de laboratorio, CIC

### ABSTRACT

#### Cation exchange capacity in sand and kaolin using ammonium acetate, sodium acetate, and ammonium chloride

The soil cation exchange capacity (CEC) depends on its determination conditions. There are reports stating that the ammonium acetate and sodium acetate modify the soil natural CEC values, and other reports point out that the ammonium chloride method, eliminates the sources of error introduced by the use of acetates. In the current study, the CEC determined by extraction and cation sum with  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  1N pH 7 and  $\text{CH}_3\text{COONa}$  1N pH 8.2 in sand and kaolin (clay) were compared against the CEC by sum determined using  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0.2N at the sample natural pH. Results were statistically compared through a completely randomized design with five replicates and mean discrimination by LSD test. For the sand, the values were statistically different, so no correlation could be established. For the kaolin, no statistic differences were found between CEC results obtained with  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  and with  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , so the values were considered to be similar. The low standard deviation found for the values of the CEC obtained with the use of ammonium chloride proved that this method could be reliable to be routinely used for CEC determination in clay soils.

**Additional key words:** Soil chemistry, laboratory analysis, CEC

### INTRODUCCIÓN

El intercambio de cationes es determinante en la nutrición vegetal, por lo tanto su correcta determinación reviste especial relevancia. Entre los métodos comúnmente utilizados para la medición de la capacidad de intercambio de

cationes (CIC), están los que emplean el acetato de amonio o de sodio, como extractante (Wenk y Bulakh, 2004).

De acuerdo con Adams (1995), idealmente el método a utilizar para determinar la CIC es aquel que pueda medir la capacidad de los suelos de adsorber cationes de una solución acuosa con el

Recibido: Octubre 5, 2004

Aceptado: Junio 21, 2005

<sup>1</sup> Dpto. de Química y Suelos. Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Apdo. 400. Barquisimeto. Venezuela.

<sup>2</sup> Dpto. de Edafología, Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Madrid. España

mismo pH, fuerza iónica, constante dieléctrica y composición como la que presentan los suelos en el campo, debido a que la CIC varía con estos parámetros. Rhoades (1982) expresa que la CIC obtenida en los análisis de suelos es dependiente del método utilizado para su determinación. Indica que estos métodos presentan problemas asociados con las diversas propiedades químicas del suelo. Los métodos del acetato de amonio pH 7 y el acetato de sodio pH 8,2 disuelven los carbonatos presentes en los suelos incrementando la cantidad de cationes realmente cambiables y modifican el pH de la solución intermicelar (Meunier, 2005), lo cual a su vez modifica la CIC al pH natural del suelo y por lo tanto, ambos métodos pueden generar resultados que no se ajusten a la realidad del suelo.

Por su parte, Reeve y Sumner (1971) determinaron que el cloruro de amonio se comporta como una sal neutra, que no modifica el pH natural ni disuelve los carbonatos presentes en los suelos, y por lo tanto, no introduce esas fuentes de error en la determinación de la CIC.

Rodríguez y Rodríguez (2002) realizaron experimentos en un suelo de reacción ácida (Tropohumult) y en uno de reacción ligeramente alcalina (Camborthid) y determinaron que los valores de la CIC en el suelo ácido fueron similares para los tres métodos probados. Estos mismos autores consiguieron en el suelo de reacción alcalina, una mayor estabilidad en los valores de la CIC obtenidos con el método del cloruro de amonio y un alto grado de variabilidad de la CIC, cuando ésta era cuantificada con el acetato de amonio o el acetato de sodio.

Actualmente, aun conociéndose las limitaciones que se presentan en la determinación de la CIC, los métodos que incluyen el acetato a pH tamponado, se siguen utilizando rutinariamente. Es por eso que en este trabajo se intenta validar el método del cloruro de amonio en dos tipos de suelos, debido a que aun cuando se reporta que elimina dos fuentes de error comunes a la CIC, no ha sido utilizado rutinariamente.

El objetivo fue la determinación comparativa de la CIC de una arena y de caolín con acetato de sodio y con acetato de amonio así como con

cloruro de amonio al pH natural de la muestra, a fin de evaluar las similitudes entre los resultados, así como la confiabilidad y viabilidad del cloruro de amonio como método de rutina.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sustratos utilizados

Los materiales evaluados fueron arena y caolín suministrados por la empresa Arcillas Blancas, ABS ubicada en Tamame de Sayago, Zamora, España. El caolín es denominado comercialmente como Caolín AB-45 (molido).

Tanto a la fracción arena como al caolín se les realizó el análisis de distribución de tamaño de partículas, con pipeta al primero y con densímetro al segundo, así como la determinación del pH.

### Métodos empleados

Método de saturación con acetato de sodio ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ) 1N pH 8,2 (Rhoades, 1982). Se obtuvo la CIC total.

Método de saturación con acetato de amonio ( $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ) 1N pH 7 (Rhoades, 1982). Se obtuvo la CIC total en forma directa y por suma de cationes.

Método de saturación con cloruro de amonio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) 0,2N al pH natural de la muestra (Reeve y Sumner, 1971). Se obtuvo la CIC por suma de cationes.

Los cationes  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{K}^+$  fueron determinados por absorción atómica y el  $\text{Na}^+$  por emisión, utilizando el equipo de absorción atómica. El pH fue determinado en el extracto de saturación.

Para analizar los valores obtenidos con las diferentes soluciones extractoras, se utilizó un diseño totalmente aleatorizado con cinco repeticiones y el método de la mínima diferencia significativa (MDS) para la separación de medias. Igualmente se calculó la media y la desviación estándar (SD) con la finalidad de estimar la variabilidad de los resultados en los suelos estudiados.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presentan los valores del tamaño de partículas de arena y caolín. Se observa la pureza del material arenoso al estar compuesto en un 96,61% por arena, predominando las

**Henríquez et al.**

fracciones (USDA) de arena gruesa hasta media (85,43 %) y sólo un 1,78 % por arena fina y muy fina más limo y el 2,19 % restante lo constituye la arcilla. Por su parte, los valores para el caolín muestran predominio de partículas de tamaño arcilla (54%) y el limo fino (46%), no encontrándose partículas mayores a 15  $\mu\text{m}$ . El pH fue básico en ambos materiales.

**Cuadro 1.** Distribución del tamaño (diámetro) de partículas de la arena y el caolín

Arena		Caolín	
$\mu\text{m}$	%	$\mu\text{m}$	%
2000 - 1000	35,54	14,64-8,14	22,27
1000 - 500	49,89	8,14-5,00	14,18
500 - 250	10,60	5,00-3,16	3,68
250 - 0,1	0,49	3,16-2	5,78
0,1 - 0,05	0,10	< 2,34	54,10
0,05-0,002	1,19	-	-
< 2	2,19	-	-

En el Cuadro 2 se exponen los resultados de la CIC total obtenida por  $\text{CH}_3\text{COONa}$  1N pH 8,2 y por  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  1N pH 7, tanto para el caolín como para las arenas. Se puede observar que la CIC total obtenida con  $\text{CH}_3\text{COONa}$  1N pH 8,2, resultó mayor que la obtenida con  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  1N pH 7, tanto en las arenas como en el caolín. Esto puede explicarse ya que a pH de 8,2 ocurre una mayor disociación del ión H de los grupos OH que se encuentran en los bordes de las arcillas (Porta et al., 2003). Por tanto, en la caolinita (tipo 1:1), cuya carga es principalmente dependiente del pH (Goldberg et al., 2000), la CIC a pH 8,2 es mayor a la que ocurre a valores de pH más bajos.

Los datos reportados en el Cuadro 2 revelan que los valores de CIC total para la arena, obtenidos con acetato de amonio y acetato de sodio son estadísticamente iguales, pero ambos son significativamente diferentes a los de la CIC obtenida por suma de cationes con cloruro de amonio y con acetato de amonio y que, a su vez, los resultados de estos últimos, son diferentes estadísticamente. Las diferencias estadísticas entre los valores de CIC obtenidos pueden tener su explicación en el hecho de que el acetato disuelve el calcio de la muestra (Rhoades, 1982).

Las diferencias estadísticas entre los datos de la CIC total y la CIC por suma para la arena pueden explicarse por estas mismas razones, es decir, diferencias debidas fundamentalmente a las

**Determinación de CIC en arena y caolín**

variaciones causadas por la disolución de calcio por el acetato. Así, si se restan los valores de calcio a la CIC determinada por suma se notará la similitud entre ésta y la CIC total.

En el mismo Cuadro 2 se pueden apreciar los valores de CIC obtenidos para el caolín por  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  1N pH 7 (total),  $\text{CH}_3\text{COONa}$  1N pH 8,2 (total),  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0,2N (suma) y  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  1N pH 7 (suma). Los resultados indican que la CIC total determinada con el  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  1N pH 7 y la CIC por suma del  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0,2N son estadísticamente iguales. Esta situación arroja resultados que sugieren la posibilidad de sustituir el método del acetato de amonio por el del cloruro de amonio.

Los valores de CIC obtenidos con  $\text{CH}_3\text{COONa}$  1N pH 8,2 (total) y el  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  1N pH 7 (suma) son estadísticamente similares entre sí pero significativamente diferentes a los obtenidos con el  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  1N pH 7 (total) y  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0,2 N (suma). La similitud de los resultados obtenidos con los dos primeros métodos no es confiable porque el primero disuelve los carbonatos con lo cual el valor de calcio tiende a ser relativamente alto (Cuadro 2), mientras que la CIC del segundo aumenta con incrementos del pH (Bohn et al., 1993). Así, dependiendo del pH y de la concentración de carbonatos presentes en una muestra los resultados pueden variar significativamente. En consecuencia, no pudo establecerse correspondencia entre la CIC determinada por el método del cloruro de amonio y la determinada por el acetato de sodio 1N pH 8,2 (total) y el acetato de amonio 1 N pH 7 (suma).

**Cuadro 2.** Valores de CIC de la arena y el caolín

Método	$\text{cmol}^{(+)} \text{kg}^{-1}$				Total
	$\text{Ca}^{+2}$	$\text{Mg}^{+2}$	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	
	Arena				
Cl-NH <sub>4</sub>	0,31±0,05	0,13±0,03	0,19±0,01	0,06±0,00	0,69 b
Ac-NH <sub>4</sub>	0,51±0,01	0,07±0,01	0,26±0,02	0,04±0,01	0,88 a
Ac-Na	-	-	-	-	0,37 c
Ac-NH <sub>4</sub>	-	-	-	-	0,31 c
	Caolín				
Cl-NH <sub>4</sub>	8,69±0,25	2,27±0,04	0,39±0,01	0,19±0,01	11,53 b
Ac-NH <sub>4</sub>	10,40±0,48	2,08±0,07	0,39±0,01	0,17±0,01	13,04 a
Ac-Na	-	-	-	-	12,57 a
Ac-NH <sub>4</sub>	-	-	-	-	11,77 b

Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas según prueba de MDS al 5%.

De la misma manera, se observa que la CIC obtenida con  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  1N pH 7 (suma) y  $\text{CH}_3\text{COONa}$  1N pH 8,2 (total) resultó mayor que la obtenida con los otros dos métodos, situación congruente con lo reportado por Spósito (2000), quien indica que el valor de la CIC del primero se incrementa por la disolución de los carbonatos y la del segundo se incrementa con el aumento del pH de la solución extractante debido al incremento de las cargas variables.

El que los valores de CIC obtenidos por  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  1N pH 7 (total) y  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0,2 N (suma) resultaran estadísticamente semejantes concuerdan con los resultados de Rodríguez y Rodríguez (2002) en cuanto a que la utilización de ambas soluciones extractoras en determinados suelos podían estimar con mucha similitud la CIC.

Los bajos valores de desviación estándar observados con el cloruro de amonio destacan la precisión en los resultados obtenidos mediante el uso de este método.

La selección de una u otra solución extractante dependería del objetivo que se plantee el usuario; por ejemplo, clasificación taxonómica, así como del tipo y pH del suelo que se analice. No obstante, el uso del  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0,2 N a diferentes valores de pH en suelos de textura arcillosa, permitiría la obtención de resultados confiables y costos comparativamente menores ya que reduciría los gastos en reactivos y disminuiría el esfuerzo y tiempo de trabajo necesario para la obtención de los resultados que los correspondientes a los otros métodos estudiados.

## CONCLUSIONES

No pudo establecerse correspondencia entre la CIC determinada por el método del cloruro de amonio y la determinada por el acetato de sodio 1N pH 8,2 (total) y el acetato de amonio 1N pH 7 por suma de cationes. Sin embargo, la baja desviación estándar obtenida con el uso del cloruro de amonio en el caolín y la similitud entre la CIC determinada por extracción con el acetato de amonio 1 N pH 7 y con el cloruro de amonio no tamponado en el caolín sugieren la posibilidad del uso del cloruro de amonio como metodología de rutina para determinar la CIC en los suelos arcillosos.

## AGRADECIMIENTO

A la empresa Arcillas Blancas, ABS, y a D. Alfredo Mateo y D. Gregorio Cabello del Departamento de Edafología de la UPM-España.

## LITERATURA CITADA

1. Adams, M. 1995. Fundamentos de Química de Suelos. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay. 390 p.
2. Bohn, N., B. McNeal y G. O'Connor. 1993. Química del Suelo. Editorial Limusa. México, DF.
3. Goldberg, S., I. Lebron y D. S. Suárez. 2000. Soil colloidal behavior. *In*: M.E. Sumner (ed.). Handbook of Soil Science. CRC Press. Boca Raton. pp. B-195-B240.
4. Meunier, A. 2005. Clays. Springer. Berlin. New York.
5. Porta J., M. Y. López-Acevedo y C. Roquero 2003. Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente. Mundi-Prensa. Madrid.
6. Reeve, N. y M. E. Sumner. 1971. Cation exchange capacity and exchangeable aluminum in Natal Oxisols. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 35(1): 38-42.
7. Rhoades, J. 1982. Cation Exchange Capacity. *In*: A.L. Page (ed.). Methods of Soil Analysis. Parte 2. Agronomy Monograph N° 9. ASA & SSSA. Madison, WI. pp. 178-190.
8. Rodríguez, O. y A. Rodríguez. 2002. Comparación de la CIC en dos suelos utilizando acetato de amonio, acetato de sodio y cloruro de amonio. *Rev. Fac. Agr. LUZ* 19(3): 253-263.
9. Spósito, G. 2000. Ion exchange phenomena. *In*: Handbook of Soil Science. M.E. Sumner. CRC Press. B-241-B263.
10. Wenk, Hans-Rudolf y A. Bulakh. 2004. Minerals. Their constitution and origin. University Press Cambridge. U.K.