

Estudio comparativo de métodos para la determinación de capacidad de intercambio catiónico en suelos de la provincia de Santiago¹

Costanzo Bernardi R.² Graciela Tabilo T.³

INTRODUCCION

El suelo es un sistema heterogéneo constituido por una fase sólida, líquida y gaseosa, el cual está sujeto a variaciones importantes durante el ciclo estacional. En este sistema heterogéneo, la solución del suelo actúa como el vehículo que hace posible las reacciones químicas entre los componentes de una misma fase y de varias fases si ellas no se encuentran en contacto directo. La propiedad del material del suelo de captar e intercambiar cationes y aniones facilita o hace posible muchas de estas reacciones (Wiklander, 1965).

Las propiedades de intercambio del suelo se deben esencialmente al material coloidal, constituido por la fracción arcilla y materia orgánica humificada. La propiedad del suelo de retener e intercambiar cationes se denomina capacidad de intercambio catiónico (CIC).

La CIC se define como la cantidad de cargas negativas por unidad de peso del material y se expresa en miliequivalentes por 100 gramos de suelo seco (Glossary of term approved by soil, SSSA 1962).

La CIC del suelo es un valor analítico que se aprovecha como el elemento de juicio para determinar sus propiedades de intercambio y saturación básica y también para obtener una medida relativa de su fertilidad potencial, de allí la importancia que tiene conocer este valor.

En suelos normales y carentes de material amorfo, esta determinación no presenta ningún problema, pero en suelos salinos, tema de este trabajo, presenta muchos inconvenientes debido al gran contenido de sales solubles y/o carbonatos alcalinos.

El objetivo de la presente investigación ha

sido aplicar tres métodos para la determinación de la CIC y comparar los resultados experimentales obtenidos con los valores teóricos calculados considerando la naturaleza y la cantidad del material coloidal presente en estos suelos.

MATERIALES Y METODOS

Las muestras de suelos utilizadas en este estudio se tomaron en las localidades de Batico, Lampa y Colina de la provincia de Santiago. Se seleccionaron cuatro perfiles con diferentes contenidos de sales solubles y carbonatos alcalino-térreos.

Las muestras fueron secadas al aire y tamizadas por tamiz de 2 mm.

Las determinaciones de la CIC se realizaron empleando los métodos siguientes:

CIC₁) CH₃COONa 1N pH 7,0 (Bower, Reitemeir y Firemen, 1952).

CIC₂) CH₃COONa 1N pH 8,2 (Dewis y Freitas, 1970).

CIC₃) NH₄Cl 0,1N pH 7,0 en medio alcohólico (Pfeffer y Kozhevnikov, 1967).

Los cationes de intercambio se extrajeron con CH₃COONH₄ 1N pH 7,0 (Jackson, 1958), determinando Na y K por fotometría de llama, Ca y Mg por absorciometría atómica. Se realizaron las correcciones correspondientes debido a la presencia de sales solubles.

El hidrógeno de intercambio se determinó con BaCl₂-Trietanolamina (TEA) a pH 8,0 (Peech, Cowan y Baker, J. H., 1962). La materia orgánica por el método de la combustión húmeda según Walkley, 1947.

El pH se determinó en la pasta saturada con un potenciómetro y usando electrodo de vidrio (Bates, 1954). La conductividad eléctrica se determinó en el extracto de la pasta saturada con un conductímetro (Campbell, Bower y Richards, 1948). El contenido de carbonatos alcalinos se analizó por el método volumétrico utilizando un calcímetro (Dewis y Freitas, 1970).

¹Parte de la Tesis del 2º autor, para optar al título de Técnico Agrícola.

Recepción originales: 27 de marzo de 1973.

²Químico Farmacéutico, Laboratorio de Química de la División de Agrología, del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), Sucre 2397, Santiago, Chile.

³Técnico Agrícola, Laboratorio de Química de la División de Agrología, Sucre 2397, Santiago, Chile.

Cuadro 1 — Algunas características físicas y químicas de las muestras estudiadas.

Muestra Nº	Nombre suelo	Prof. cm	pH	CaCO ₃	M.O.	Arena %	Limo	Arcilla	Conduct. mmhos/cm 25°C
25	Serie Buey	0 - 3	6,4	0,0	12,6	35,0	49,5	15,5	1,0
26	Serie Buey	3 - 12	8,3	0,0	1,5	34,3	51,3	14,4	2,0
27	Serie Buey	12 - 21	10,0	0,8	1,2	35,6	47,0	17,4	3,4
97	Serie Lampa	0 - 30	7,6	0,2	2,2	80,5	13,5	6,0	8,8
98	Serie Lampa	30 - 70	7,2	0,0	0,3	94,9	3,8	1,3	3,4
317	Serie Chicureo	0 - 1	6,8	0,0	3,2	18,2	34,6	47,2	1,2
318	Serie Chicureo	1 - 13	6,8	0,0	1,9	15,8	38,0	46,2	0,4
319	Serie Chicureo	13 - 85	7,8	0,2	1,2	16,9	30,5	52,6	0,8
413	Serie Batuco	0 - 2	9,4	8,4	3,2	37,4	38,3	24,3	70,6
414	Serie Batuco	2 - 8	9,5	2,5	1,1	18,2	61,4	20,4	44,9
415	Serie Batuco	8 - 22	9,4	1,3	0,7	18,3	59,7	22,0	53,7

La fracción arcilla se separó según el procedimiento de Jackson (1956), y fue sometida a un análisis térmico diferencial para conocer su composición mineralógica.

Uno de los minerales dominantes fue la illita. Como este mineral tiene potasio en su constitución, se efectuó la determinación de potasio total previa fusión alcalina de las muestras (Koltoff y Sandell, 1956) para así poder hacer una estimación de la illita presente.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las características generales de los suelos estudiados aparecen en el Cuadro 1, donde se puede apreciar que tiene diferentes contenidos en sales acompañados en algunos casos de un alto contenido en carbonatos (muestras N.os 413-414-415).

Los valores de pH se encuentran dentro de los límites dados para suelos semejantes por Richards (ed.), 1964. Tomando en cuenta los valores de conductividad eléctrica y porcentaje de sodio intercambiable (Cuadro 2),

Cuadro 2 — Cationes de intercambio de las muestras seleccionadas.

Muestra Nº	Na	K	Ca	Mg	H	Suma	Na %
me/100 g							
25	0,7	1,8	17,5	4,8	8,0	32,8	2,1
26	3,1	1,5	6,6	4,0	1,5	16,7	18,6
27	11,5	1,6	7,2	3,1	0,0	23,4	49,2
97	0,9	0,5	15,3	2,1	2,5	20,8	4,3
98	1,3	0,1	5,4	1,5	0,0	8,3	15,7
317	1,0	1,9	34,3	28,4	7,0	72,6	1,4
318	1,4	1,0	29,4	21,8	6,0	59,6	2,4
319	3,1	8,0	35,3	13,6	5,0	65,0	4,8
413	45,7	1,2	8,2	1,4	0,0	56,5	81,0
414	14,0	1,0	9,2	0,9	0,0	25,1	55,8
415	13,0	0,7	2,3	1,2	0,0	17,2	75,6

estos suelos pueden clasificarse como sigue: Suelo Buey: no salino sódico; suelo Lampa: salino sódico; suelo Chicureo: no salino no sódico; suelo Batuco: salino sódico.

La cantidad de materia orgánica es relativamente baja, a excepción de la muestra N° 25 que tiene un valor de 12,6%.

En el Cuadro 2 se dan los valores de los cationes de intercambio expresados en miliequivalentes por 100 g de suelo. Estos cationes se encuentran corregidos por resta de los cationes solubles presentes en el extracto de las pastas saturadas correspondientes.

En las muestras N.os 25 y 97, el sodio de intercambio no representa más de un 5% del complejo de cambio, pero estos perfiles se hacen sódicos (sobre el 15% de sodio intercambiable) en profundidad. Por esta razón se clasificaron con suelos sódicos.

Los valores obtenidos para la determinación de la CIC por los métodos seleccionados para este trabajo se indican en el Cuadro 3.

Cuadro 3 — Valores de las CIC obtenidas por los tres métodos empleados.

Muestra Nº	*CIC ₁	**CIC ₂	***CIC ₃
me/100 g			
25	28,3	29,6	13,9
26	19,4	20,0	13,9
27	18,5	18,6	16,7
97	9,1	15,2	10,2
98	4,9	9,2	6,5
317	48,5	54,1	41,3
318	50,0	54,8	41,3
319	49,3	49,1	39,1
413	46,3	55,4	50,5
414	26,0	27,3	26,4
415	25,6	27,5	28,2

*CIC₁ = CIC determinada con acetato de sodio IN pH 7,0.

**CIC₂ = CIC determinada con acetato de sodio IN pH 8,2.

***CIC₃ = CIC determinada con cloruro de amonio 0,1N pH 7,0 en medio alcohólico.

Se puede observar que para extractos acuosos estos valores aumentan sistemáticamente al aumentar el pH de la solución saturante de CH_3COONa (CIC_1 y CIC_2).

Los resultados obtenidos por el método de Pfeffer (CIC_3), son más bajos que los correspondientes obtenidos en acetato de sodio.

En el suelo Batuco con moderado contenido en carbonatos (413-414-415) se obtienen valores similares de capacidad de intercambio catiónico por los tres métodos. En el método de Pfeffer, como lo indica la literatura, la solución saturante de cloruro de amonio en medio alcohólico no solubiliza los carbonatos presentes, lo cual también ha sido comprobado en la práctica (De Arrambarri y Bernardi, 1971). Por lo tanto se puede colegir que su presencia no afecta los valores obtenidos para la CIC, por cualesquiera de los tres métodos.

Para comparar los valores experimentales con los valores teóricos de la CIC para cada muestra, se calculó el valor teórico correspondiente. Para este efecto se estudió la composición mineral de la fracción arcilla basándose en A.T.D. (análisis térmico diferencial) y considerándose también la fracción orgánica de cada suelo.

Las curvas obtenidas por A.T.D. de las fracciones arcillas e indicadas en la Figura 1, permiten concluir que están constituidas principalmente por illita y montmorillonita.

La illita se cuantificó efectuando un análisis elemental de potasio, y considerando que tiene 7% de óxido de potasio, valor promedio dado por Grim (1953). La cantidad de montmorillonita se obtuvo por diferencia.

Estos valores aparecen en el Cuadro 4.

Cuadro 4 — Contenido de potasio de las fracciones arcillosas y cuantificación de los minerales predominantes en estas mismas fracciones.

Muestra Nº	K_2O	Illita %	Montmorillonita
25	1,62	24	76
26	1,65	24	76
27	1,72	25	75
97	1,50	22	78
98	1,15	17	83
317	0,70	10	90
318	0,76	11	89
319	0,84	12	88
413	1,41	20	80
414	1,97	29	71
415	1,99	29	71

Considerando que la CIC viene dada por el sistema coloidal del suelo, constituido fundamentalmente por arcilla y materia orgánica humificada, y conociendo la proporción en que éstos se encuentran en el suelo, se calculó la CIC teórica para cada fracción. Para este efecto se consideró que la illita y la montmorillonita tienen una CIC promedio de 20 me y 100 me/100 g, respectivamente (Grim, 1953) y a la materia orgánica se le asignó un valor promedio de 200 me/100 g de materia orgánica (Buckman y Brady, 1966).

Estos resultados y la suma correspondiente a cada suelo aparecen en el Cuadro 5.

Cuadro 5 — Valores de CIC para las fracciones arcilla y fracción orgánica y la suma correspondiente a la CIC teórica.

Muestra Nº	cic Frac. Arcilla	cic Frac. Orgánica me/100 g	cic Teórica
25	12,7	25,2	37,9
26	11,6	3,0	14,6
27	13,7	2,4	16,1
97	5,0	4,4	9,4
98	1,1	0,6	1,7
317	43,6	6,4	50,0
318	42,1	3,8	45,9
319	47,6	2,4	50,0
413	20,4	6,4	26,8
414	15,2	2,2	17,4
415	16,9	1,4	18,3

En la muestra Nº 25 el valor teórico es alto con respecto a los valores experimentales correspondientes, esto se debería al alto porcentaje de materia orgánica, la cual no debe estar totalmente humificada.

Efectuando una correlación simple entre los valores teóricos calculados para cada suelo y

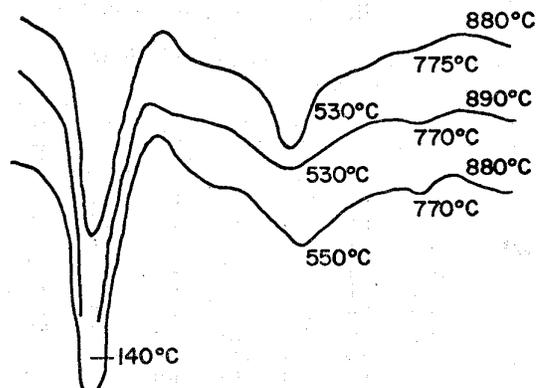


Figura 1. — Curvas de A.T.D. de las fracciones arcillas estudiadas.

Cuadro 6 — Coeficientes de correlación y ecuación de regresión obtenidas por la correlación de los valores de CIC experimentales y suma de cationes con el valor de CIC teórico calculado.

X	Y	Ecuación de Regresión	Coefficientes de correlación
Valor teórico calculado	cic ₁	$Y_1 = 0,88X + 3,4$	0,91 ⁺⁺⁺
Valor teórico calculado	cic ₂	$Y_2 = 0,88X + 6,6$	0,86 ⁺⁺⁺
Valor teórico calculado	cic ₃	$Y_3 = 0,62X + 10,0$	0,71 ⁺⁺
Valor teórico calculado	S	$Y_4 = 1,15X + 5,5$	0,90 ⁺⁺⁺

S = Suma de cationes de intercambio.

+ + + = significativo a nivel 0,010.

+ + = significativo a nivel 0,025.

los valores de CIC obtenidos por los tres métodos empleados y el dado por la suma de cationes, se obtuvieron las siguientes ecuaciones y coeficientes de correlación que se dan en el Cuadro 6.

Se puede ver que existe una buena correlación entre el valor teórico y el método de acetato de sodio tanto a pH 7,0 como 8,2 corroborando los resultados encontrados por Dewis y Freitas (1970) para suelos similares.

Se comprueba por otra parte, que al hacer las correcciones pertinentes a los cationes de intercambio de la influencia de las sales solubles, la suma de cationes tiene una alta correlación con el valor teórico de CIC, aunque los valores dados por esta suma tienden a ser mayores que por los otros métodos empleados.

CONCLUSIONES

— La suma de cationes de intercambio para los suelos estudiados, constituye una estimación de la CIC, siempre que se efectúen las correcciones pertinentes a los cationes solubles del extracto de saturación.

— Considerando el valor teórico como la CIC más real, el método que mejor representa la CIC de estos suelos es el del acetato de sodio tanto a pH 7,0 como a pH 8,2.

— El método de Pfeffer no dio resultados satisfactorios para estos suelos porque en suelos de alta conductividad eléctrica parte de las sales solubles pasan a la solución saturante de cloruro de amonio.

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo comparar tres métodos comúnmente utilizados para la determinación de la CIC, en suelos de la provincia de Santiago con problemas de sales solubles y carbonatos.

Los métodos usados fueron:

— CH₃COONa 1N pH 7,0

— CH₃COONa 1N pH 8,2

— NH₄Cl 0,1N en medio alcohólico a pH 7,0

Los resultados obtenidos por estos métodos se correlacionaron con los valores teóricos de CIC de cada muestra, valores que se calcularon considerando los constituyentes minerales de la fracción de arcilla y el porcentaje de materia orgánica.

Los valores teóricos de CIC mostraron una correlación altamente significativa con la suma de cationes intercambiables y con los métodos de acetato de sodio 1N a pH 7,0 y a pH 8,2.

S U M M A R Y

A COMPARISON OF DIFFERENT METHODS TO DETERMINE THE CATION EXCHANGE CAPACITY IN SOILS OF THE SANTIAGO PROVINCE.

The objective of this study was to compare three methods commonly used for the determination of CEC in soils having high contents of soluble salts and/or carbonates. The soil samples under study were from the Santiago province.

The methods used were 1N CH_3COONa at pH 7.0, 1N CH_3COONa at pH 8.2 and 0.1N NH_4Cl in a water-ethanol solution (60% ethanol) at pH 7.0.

The results obtained by these methods correlated significantly with the theoretical values of CEC calculated for each sample based on the mineralogical composition of the clay fraction and the percentage of organic matter.

A correlation significant at the 0.01 level was found among the CH_3COONa methods at both pH values and the theoretical values.

LITERATURA CITADA

- BATES, R. G. 1954. Electrometric pH determinations. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- BOWER, C. A., REITEMEIR, R. E. and FIREMEN, M. 1952. Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils. *Soil Sci.* 73: 251-261.
- BUCKMAN, H. and BRADY, N. 1966. The nature and properties of soil; Ed. Mc Millan Company N. Y.: 92-95.
- CAMPBELL, R. B., BOWER, C. A. and RICHARDS, L. A. 1948. Change of electrical conductivity with temperature and the relation of osmotic pressure to electrical conductivity and ion concentration for soils extracts. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 13: 66-69.
- DE ARRABARRI, P. y BERNARDI, C. 1971. Consideraciones sobre la CIC y el contenido en sales solubles de un suelo de las Marismas del Guadalquivir. *Anales de Edafología y Agrobiología.* Tomo xxx — N.os 9-10: 889-903.
- DEWIS, J. and FREITAS, F. 1970. Physical and Chemical methods of soil and water analysis. F. A. O. Roma. *Soil Bolletín* Nº 10: 275 p.
- GRIM, R. E. 1953. Clay Mineralogy, Mc Graw Hill, Book Company Inc. 384 p.
- JACKSON, M. L. 1956. Soil Chemical Analysis. Advanced Course. Public. by the author. Dept. of Soils, Univ. of Wis; Madison G., Wisconsin.
- . 1958. Soil Chemical Analysis; Prentice Hall. Inc. 84-110.
- KOLTOFF, L. y SANDELL, E. 1956. Tratado de Química Analítica Cuantitativa Ter. Ed.: 867-872.
- PEECH, M., COWAN, R. L. and BAKER, J. H. 1962. A critical study of the BaCl_2 , T. E. A. and the ammonium acetate methods for determining the exchangeable hydrogen content of soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 26: 37-40.
- PEEFFER, P. and KOZHEVNIKOV, K. 1967. Methods for determining the Exchange capacity of calcareous soils; *Soviet Soil Science*, Nº 6: 818-823.
- RICHARDS, L. A. (ed.). 1954. Suelos salinos y sódicos. Manual de Agricultura Nº 60. México. 172 p.
- SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. 1962. Glossary of term approved by soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 26: 305-317.
- WALKLEY, A. 1947. A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils. Effect of inorganic soil constituents. *Soil Sci.* 63: 251-264.
- WIKLANDER, L. 1965. Cation and anion exchange phenomena. Chemistry of the soil, (BEAR, R.) Second Edition. Reinhold Publishing Corporation, N. Y., 1965. 163-167.