

FACTORES CAPACIDAD—INTENSIDAD DEL SODIO EN SUELOS  
DE LA LLANURA PAMPEANA<sup>1</sup> /

---

C. Y. ANDREOLI\*  
N. PEINEMANN\*

Summary

*Beckett's quantity-intensity ratios for Na-Ca equilibrium have been calculated for selected soil samples from the Argentine pampas*

*In the soils studied where straight lines were obtained for the Q/I ratios for Na, the comparison with those obtained for K suggests that these soils have more affinity for K than for Na.*

*The slope of the Na-Q/I relation appeared to be unaffected by Na addition, but varied with the Ca concentration in the soil solutions*

Introducción

**A**ltos contenidos de sodio intercambiable son frecuentes en suelos de la llanura pampeana; en depresiones algunas veces éstos están asociados con sales solubles, mientras que en partes medias o más altas del relieve por lo general aparece como relicto de un estadio anterior. En este último caso la elevada saturación de los coloides del suelo con sodio causa problemas de dispersión, con un consecuente deterioro de las propiedades físicas y a veces simultáneamente como resultado de procesos de hidrólisis tiene lugar una alta alcalinidad

Estas condiciones afectan la fertilidad de dichos suelos y persistirán hasta tanto no se reemplace parte del sodio intercambiable por cationes bivalentes y de este modo mejoren las propiedades físicas de los coloides

La relación capacidad/intensidad de un catión permite conocer la cantidad del mismo en la fase sólida y su relación con el contenido en la solución del suelo

Tinker (8). encontró que la relación de actividades ( $AR^{Na}$ ) de la solución en equilibrio con el suelo permitía conocer la disponibilidad inmediata del sodio, por lo que es una medida de intensidad.

Nafady y Lamm (7) sugirieron que la isoterma de intercambio puede presentarse mediante un gráfico donde la variación del sodio intercambiable se vincula con la relación de actividades  $AR^{Na}$ ; estableciéndose así directamente el factor capacidad del factor intensidad del sodio.

Diferentes suelos con el mismo valor de  $AR^{Na}$  pueden no presentar la misma capacidad para mantener dicha relación si el sodio es eliminado por procesos de intercambio y lavados, o si es incorporado por diversos aportes

El presente trabajo tiene por objeto verificar la aplicabilidad de la relación capacidad/intensidad para el sodio mediante las relaciones entre actividades Na - (Ca + Mg) y distintas variables que inciden en esta técnica

Materiales y métodos

Para este estudio se seleccionó muestras de suelo provenientes de distintas localidades del sur de la Provincia de Buenos Aires. las que ofrecían una

---

1 Recibido para publicación el 23 de agosto de 1985

\* Departamento de Agronomía Universidad Nacional del Sur 8000 BAHIA BLANCA, Argentina

amplia variación en sus propiedades fisicoquímicas (Cuadro 1) Como casos extremos merecen citarse un suelo arcilloso ("A") con amplio predominio del sodio sobre el potasio intercambiable, y un suelo arenoso ("C") con predominio de potasio sobre el sodio intercambiable

A fin de verificar el comportamiento de la relación capacidad/intensidad bajo condiciones variables, fueron realizadas las siguientes experiencias:

a) Efecto de la concentración de  $\text{CaCl}_2$ : se efectuó distintas series de suspensiones (1:2) en las que la concentración de  $\text{CaCl}_2$  era mantenida constante, mientras que  $\text{NaCl}$  era variado. Así, cinco gramos de suelo fueron tratados con 50 ml de  $\text{CaCl}_2$  0.004 M y 50 ml de  $\text{NaCl}$  con concentración variable entre 0 - 0.05 M. Luego de 30 minutos de agitación se centrifugó y en el sobrenadante fueron determinados  $\text{Na}$  por fotometría de llama y  $\text{Ca} + \text{Mg}$  por volumetría con EDTA 0.01 N.

Bajo condiciones similares fueron preparadas dos series de suspensiones usando  $\text{CaCl}_2$  0.001 y 0.1 M respectivamente y manteniendo la concentración de  $\text{NaCl}$  variable y demás condiciones como en el caso descrito.

b) Efecto de la incorporación de  $\text{Na}$  al suelo: se agregó a porciones de suelo  $2.5 \cdot 10^{-4}$  meq  $\text{Na/g}$ , se dejaron en equilibrio 48 horas y luego se secaron a  $40^\circ\text{C}$  y molieron. Muestras de cinco gramos del suelo anterior fueron tratadas con 50 ml de  $\text{CaCl}_2$  0.004 M y 50 ml de  $\text{NaCl}$  con concentración variable entre 0-0.05 M como en a)

c) Efecto del tiempo de equilibrio: series de cinco gramos de suelo tratadas con 50 ml de  $\text{CaCl}_2$  0.001 M y 50 ml de  $\text{NaCl}$  con concentración varia-

ble entre 0-0.05 M fueron sometidas a 30; 60; 120 y 300 minutos de equilibrio, procediéndose luego como en a)

d) Efecto de la relación suelo: solución: cantidades variables de suelo (1-10 g) fueron tratadas con 50 ml  $\text{CaCl}_2$  0.004 M y 50 ml  $\text{NaCl}$  con concentración variable entre 0-0.05 M y se procedió como en a)

### Resultados y discusión

En el Cuadro 2 se presenta los diferentes parámetros de la relación capacidad/intensidad del sodio y potasio al ser tratadas las muestras con soluciones de  $\text{CaCl}_2$  0.004 M.

Análogo a resultados obtenidos por Nafady (6) con suelos de Egipto, los valores de  $\text{Na}_0$  son superiores a los correspondientes  $\text{K}_0$  para los suelos A y B; por el contrario estos son inferiores en los suelos C y D. Los valores de  $\text{PTNa}$  son inferiores a los  $\text{PTK}$  para todos los suelos estudiados, probando que en estos el sodio está más débilmente adsorbido que el potasio. El mayor valor de  $\text{PTNa}$  se observa en la muestra que contiene alta concentración inicial de sodio intercambiable (A).

De igual manera que ocurre con el potasio (Beckett, (4); Abouloos (1); Andreoli y Peinemann, (3) los valores de  $[\Delta\text{Na}]_{\text{AR} + \text{O}}$  son similares a los contenidos de sodio intercambiable obtenidos mediante el método convencional (acetato de amonio 1N a pH 7).

Como se observa en la Figura 1, las relaciones varían para los diferentes suelos, dependiendo de distintas propiedades de los mismos (contenido de diferentes cationes intercambiables, arcilla, otros). En todos

Cuadro 1. Principales características de los suelos.

SUELO	arc. %	MO %	$\text{CaCO}_3$ %	CIC meq/ 100 g	CE mmhos/ cm	pH	Na soluble	K	Na interc.	K
							meq/100 g			
A	66	1.7	1.0	36.4	2.6	9.0	3.8	0.1	20.7	1.8
B	44	1.8	0.2	30.4	1.4	7.1	3.0	0.3	3.2	2.6
C	8	1.8	1.4	15.1	0.3	7.2	0.1	0.1	0.1	0.9
D	26	3.1	0.3	19.1	0.2	5.7	0.1	0.1	0.5	1.9

Suelo A: Horizonte  $\text{B}_{2t}$  de un Argiudol véctico petrocálcico próximo a la localidad de Copetonas (Prov. de Buenos Aires).

Suelo B: Horizonte  $\text{IB}_{21t}$  de un Argiudol típico. Sierra de la Ventana (Prov. Buenos Aires).

Suelo C: Horizonte  $\text{A}_{12}$  de un Haplustol petrocálcico próximo a la localidad de Bahía Blanca (Prov. Buenos Aires).

Suelo D: Horizonte  $\text{A}_{12}$  de un Agrudalf típico próximo a la localidad de Gonzales Chaves (Prov. Buenos Aires).

Cuadro 2. Relación Capacidad/Intensidad de sodio y potasio en las muestras estudiadas.

SUELO	PT <sup>Na</sup>		Relación C/I del Na		PT <sup>K</sup>		Relación C/I del K	
	meq/100g $\sqrt{M/l}$	Na <sub>o</sub> $\sqrt{M/l}$	Na <sub>int</sub> * meq/100 g	[ΔNa] <sub>AR=O</sub> meq/100 g	meq/100 g $\sqrt{M/l}$	K <sub>o</sub> $\sqrt{M/l}$	K <sub>int</sub> * meq/100 g	[ΔK] <sub>AR=O</sub> meq/100 g
A	158	0.24	20.7	38.0	350	0.005	1.8	1.8
B	6	0.675	3.0	4.0	217	0.014	2.6	3.0
C	50	0.001	0.06	0.05	224	0.006	0.9	1.3
D	62	0.016	0.5	1.0	143	0.025	1.9	3.5

\* Extraídos con acetato de amonio 1N a pH 7

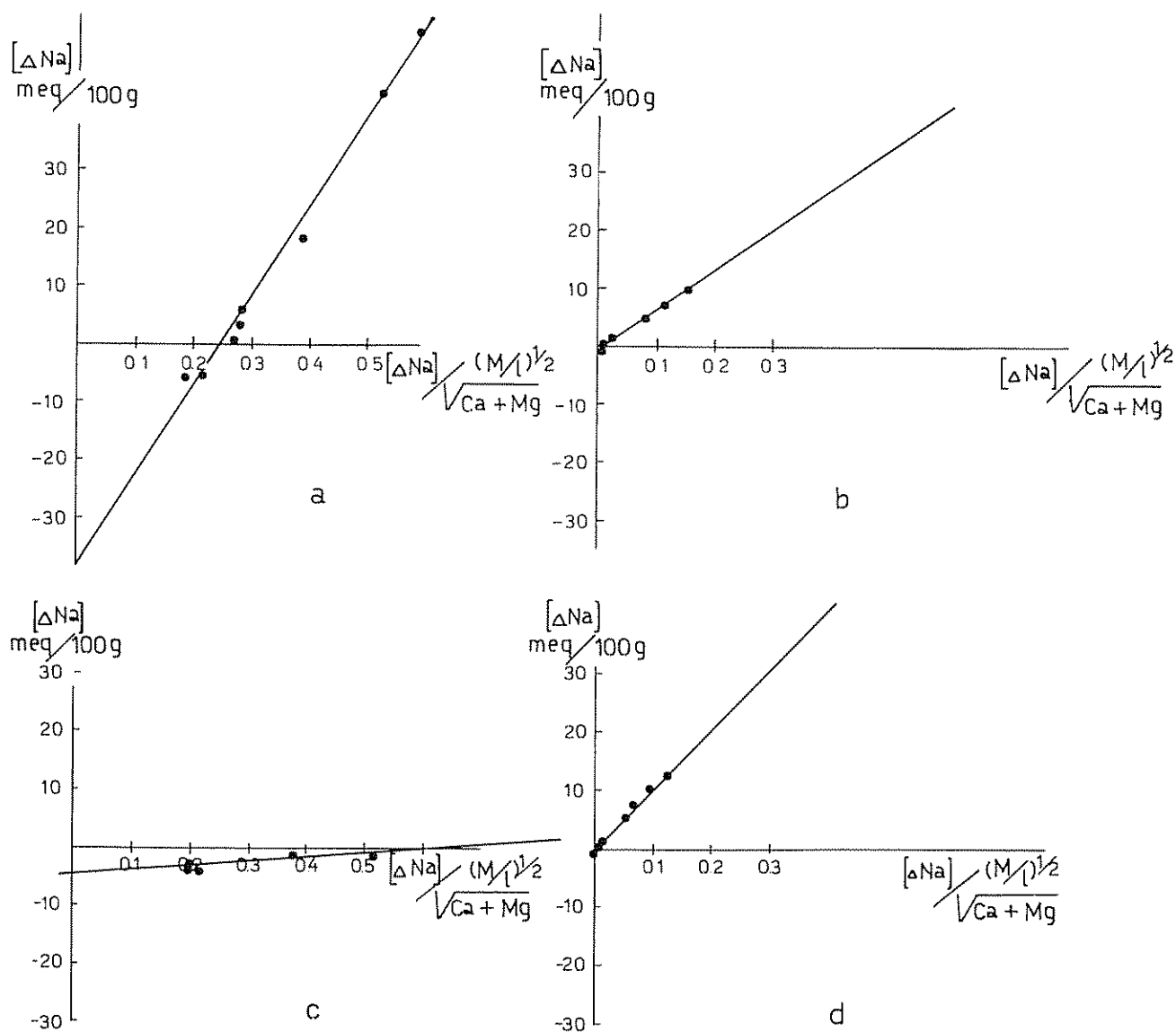
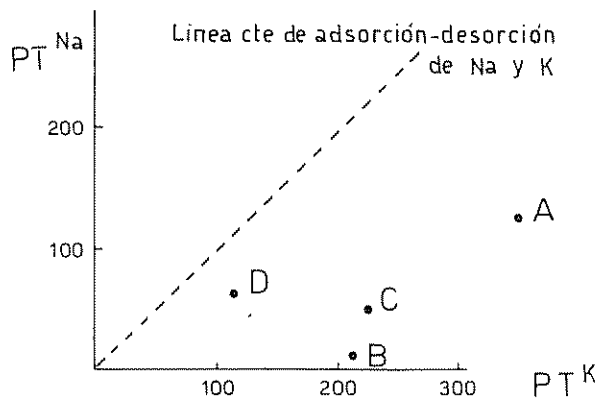


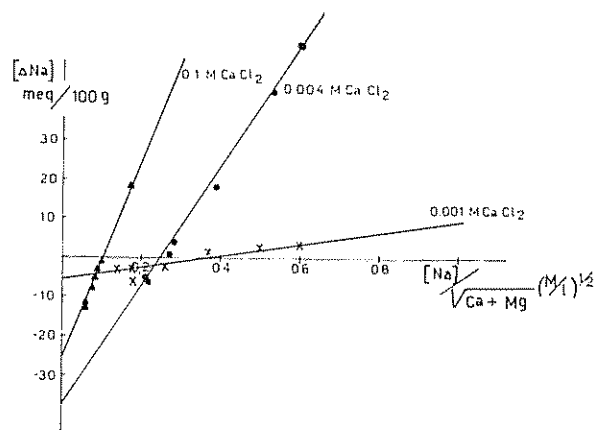
Fig 1. Relación C/I del Na en los diferentes suelos: a) Suelo A; b) Suelo B; c) Suelo C; d) Suelo D

Fig 2 Relación entre  $PT^{Na}$  y  $PT^K$ 

los casos las curvas se presentan en forma lineal, similares a las obtenidas para la relación C/I del Na por Aboulroos (1), y a las representaciones C/I del K Andreoli y Peinemann (3); Andreoli (2). La mayor selectividad del potasio por los sitios de intercambio se visualiza al representar los valores de  $PT^{Na}$  en función de los  $PT^K$  (Fig 2) ya que todos los puntos están ubicados por debajo de la línea constante de adsorción-desorción de los cationes por los coloides del suelo

El comportamiento del sodio adsorbido y su intercambio con el calcio está en función de la concentración de éste último en la suspensión (Fig. 3). Cuanto mayor es la concentración de Ca tanto mayor es el intercambio Na-Ca permitiendo un alto pasaje de sodio intercambiable a la solución. Inversamente a los resultados obtenidos por Nafady (6<sub>a</sub>); Nafady y Lamm (7), que no obtuvieron influencia de la concentración de calcio sobre las curvas C/I del sodio, se observa que la curva capacidad/intensidad en este caso tiene menor pendiente cuando menor es la concentración del calcio en la solución. Esto indica que las mismas, en este caso, no responden a la ley de relaciones de actividad, dependiendo sólo de la concentración de ambos cationes en el medio suelo: solución y de la capacidad de intercambio de los coloides del suelo

Para analizar las posibles variaciones en la relación capacidad/intensidad del sodio para un suelo cuando a éste se incorpora este catión, en el Cuadro 3 se presenta los valores de  $PT^{Na}$ ,  $[\Delta Na]_{AR=0}$  y  $Na_0$  de distintas aplicaciones de sodio efectuadas al suelo A. Coincidente con resultados obtenidos por Nafady (5<sub>b</sub>), los valores de  $[\Delta Na]_{AR=0}$  y  $Na_0$  se incrementan con el aumento del sodio incorporado pasando mayor proporción a la forma intercambiable. Los valores de  $PT^{Na}$  (Fig 4) aumentan ligeramente con el contenido del sodio inicial, produciendo curvas

Fig 3 Relaciones C/I con diferentes concentraciones de  $CaCl_2$ .

suficientemente paralelas como para considerar que las formas de la relación C/I no han sido afectadas

Para verificar las condiciones de equilibrio en el intercambio  $Na - Ca + Mg$ , se estableció diferentes tiempos de agitado, observando una baja influencia de la variación de estos con leve disminución de su capacidad tampón a medida que aumenta el tiempo de agitado (131,4; 46,4; 40,0 y 30,0 para 30; 60; 120 y 300 minutos respectivamente), por lo que se puede considerar como suficiente para el equilibrio suelo: solución entre 30 y 60 minutos

Si se estudia la relación  $[Na] / [Ca + Mg]^{1/2}$  (Cuadro 4) en función de la densidad de la suspensión para suelos con diferente contenido inicial de sodio intercambiable, se observa que a mayor cantidad de muestra aplicada es mayor el intercambio catiónico con importante adsorción de cationes bivalentes, disminuyendo el poder tampón en el mismo sentido. Los valores de  $Na_0$  indican el contenido total de sodio en la muestra aumentando a medida que se incrementa la relación suelo:solución. Si se compara el comportamiento entre ambos suelos estudiados, el grado de liberación del sodio y adsorción de cationes bivalentes es mayor en el suelo A.

### Conclusiones

Si bien es conocida la eficiencia de la incorporación del calcio en suelos alcalinos, se observa la importancia de la aplicación de altas dosis para el intercambio Na-Ca y el pasaje de Na a la solución.

Con aplicación de sodio a las muestras no se modifica la relación C/I, obediendo a la ley de relación de actividades. Efecto inverso se observa con diferentes aportes de calcio a la solución del suelo, que si

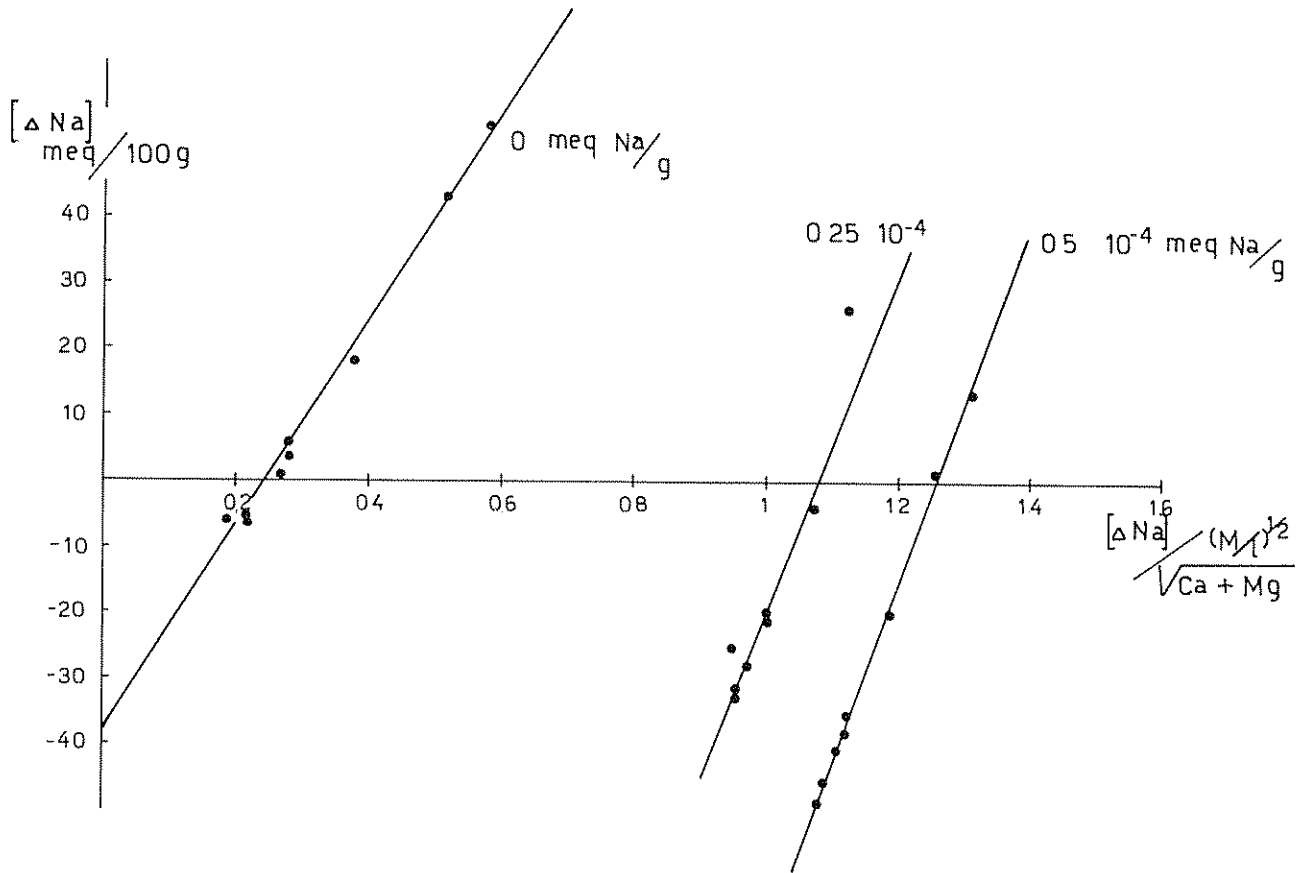


Fig. 4. Relaciones C/I para diferentes contenidos de Na absorbido

Cuadro 3. Efecto de la aplicación de sodio en la relación Capacidad/Intensidad del suelo A.

Na aplicado meq/Na . 10 <sup>-4</sup>	PT <sup>Na</sup> meq/100 g $\sqrt{M/I}$	Na <sub>0</sub> M/l	[ΔNa] <sub>AR=0</sub> meq/100 g
0	158	0 240	38
2.5	205	1 082	222
5.0	227	1 260	287

bien no responden a dicha ley en los casos estudiados, cuando varía la concentración la incorporación del mismo permite mayor intercambio con el sodio adsorbido por los coloides del suelo.

Todos los suelos tienen menor capacidad también a los cambios de la concentración del sodio que del potasio, por lo que se infiere que es menor el número de sitios de intercambio específicos para el sodio que para el potasio

Las pendientes de las relaciones capacidad/intensidad dependen de la suma de propiedades edáficas de cada suelo, no observándose relación definida con cada uno de ellos aisladamente. Por otro lado, no se producen variaciones en el PT<sup>Na</sup> y el tiempo de agitado pero sí es apreciable con la cantidad de muestra utilizada.

Por las características halladas se puede deducir que la relación C/I del sodio puede ser usada para analizar la evolución y comportamiento del mismo en suelos

**Resumen**

En suelos de la llanura pampeana se estudió las relaciones de equilibrio Na-Ca aplicando los parámetros capacidad e intensidad propuestos por Beckett.

En todos los casos estudiados se obtuvo gráficos diferentes para los distintos suelos, observándose que en todos representaban una función lineal, los que

Cuadro 4. Influencia de la relación suelo:solución en el intercambio Na - Ca + Mg.

SUELO	Muestra g	Relación suelo:solución	$PT^{Na}$ $\frac{meq/100\ g}{\sqrt{M/I}}$	$[\Delta Na]_{AR=0}$ meq/100 g	$Na_0$
A	10	1:100	1 186	17.8	0.015
	25	1:40	700	24.5	0.035
	100	1:10	316	23.5	0.074
C	10	1:100	3 133	4.7	0.0015
	25	1:40	1 400	3.5	0.0025
	100	1:10	480	1.2	0.0025

comparados con los obtenidos para el potasio indicaría una mayor afinidad para este último. Se comprobó que diferentes contenidos de sodio en el suelo no afectaron la pendiente de la relación C/I, mientras que debido a diferentes concentraciones de calcio en el medio su comportamiento se apartaba de la ley de relación de actividades.

Palabras clave: intercambio catiónico; isoterma de equilibrio; poder tampón

#### Literatura citada

1. ABOULROOS, S. A. (1975); Sodium-calcium and magnesium exchange equilibria in soils. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde, 6:551-562.
2. ANDREOLI, C. Y. 1983; Potasio en suelos de una secuencia climática. Tesis Magister en Ciencia del Suelo.
3. ANDREOLI, C. Y.; PEINEMANN, N. 1983. Fracciones de potasio y condiciones de equilibrio en suelos del sur de la llanura pampeana". Revista Ciencias del Suelo (en prensa)
4. BECKETT, P. H. T. 1971; Potassium potential; a review. Soil testing and plant analysis. Berne.
5. NAFADY, M. H. 1970a; Studies on sodium-calcium exchange equilibria. Danish soils. I. The equilibrium activity ratios and the quantity/intensity relationships of sodium in marsh soils. Anales de Edafología y Agrobiología, 38:1 237-1 245.
6. NAFADY, M. H. 1979b; 2. The form of sodium exchange isotherm, its properties, and the effect of some treatments. Anales de Edafología y Agrobiología, 38:1 247-1 259.
7. NAFADY, M. H.; LAMM, C. G. 1972. Studies on sodium-calcium exchange equilibria in a typical Egyptian soil: 1. Confirmation of the ratio law: Quantity/Intensity relationship: Form and measurement. Soil Science, 114:222-228.
8. TINKER, P. B. 1966; The relationships of sodium in the soil to uptake of sodium by sugar beet in the greenhouse and to yield responses in the field. Comm. II and IV Int. Soc. Soil Sci. (Aberdeen), p. 223-229.