

EL COMPLEJO DE CAMBIO EN SUELOS DEL MUNICIPIO DE MARINILLA [ANTIOQUIA] SEGUN EL METODO DE BROWN*

FRANCISCO GALIANO S. **

INTRODUCCION

La fertilidad de un suelo depende, en gran parte, de la constitución y naturaleza de su complejo zeolítico-húmico de cambio; entre otras causas, porque de él provienen casi en su totalidad los nutrientes que asimilan las plantas.

La capacidad de adsorción del complejo se halla saturada por cationes: H^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , ... etc. La fertilidad de un suelo depende de la proporción que exista entre el hidrógeno adsorbido y los demás cationes de cambio. Si la cantidad de cationes nutrientes es alta con respecto al hidrógeno, su salida por intercambio iónico será relativamente fácil y el suelo presentará una buena fertilidad. Por el contrario, si el grado de saturación catiónica es bajo —gran predominio de hidrogeniones— los cationes que existen son atraídos más fuertemente y se dificulta así su salida. Tenemos, en este caso, un suelo más ácido y de escasa fertilidad; tanta menor cuanto más bajo sea su grado de saturación.

Una buena saturación catiónica es la de un 70 a 80% de la capacidad total de cambio del complejo.

De la determinación del hidrógeno de cambio y de las bases de cambio podemos obtener el grado de saturación y datos sobre la evolución que está sufriendo ese suelo.

* Este trabajo se realizó cuando el autor trabajaba con la Secretaría de Agricultura de Antioquia. La recolección y descripción de muestras se realizó en colaboración con el Dr. Manuel del Llano, Jefe del Departamento de suelos de la Facultad Nal. de Agronomía de Medellín.

** Químico de Suelos del Instituto de Investigaciones Tecnológicas (Bogotá, D. E.).

Determinación del hidrógeno de cambio

La determinación del hidrógeno de cambio de un suelo tiene un gran interés, aunque desgraciadamente presenta numerosas dificultades.

Las dificultades provienen, por una parte, de que el ión hidrógeno es el más fuertemente adsorbido y por tanto es el más difícil de reemplazar. Otra dificultad estriba en que la cantidad de hidrógeno de cambio que se extrae depende del pH de la solución extractora según sea la naturaleza del complejo de cambio del suelo. Así, mientras que para arcillas con red de tipo 2:1 el hidrógeno de cambio extraído mediante lixiviación con una solución de acetato amónico es independiente del pH —cuando está comprendido entre 5 y 9—, para arcillas de red 1:1 aumenta el hidrógeno extraído al aumentar el pH de la solución reemplazante. Si se realiza una sola extracción —lo que es corriente en la mayoría de los métodos rápidos— la cantidad de hidrógeno extraída depende mucho, en ambos tipos de arcillas, del pH del medio en que se establece el equilibrio (8).

En la cantidad extraída influye también la concentración y naturaleza de la solución salina reemplazante, especialmente cuando se realiza una sola extracción. Según la ley de masas, la cantidad de hidrógeno aumenta al aumentar la concentración de la solución extractora, aproximándose a un valor límite cuando la concentración de la solución alcanza la 0.5 N. Cuando se trata de suelos orgánicos las soluciones extractoras con cationes bivalentes dan resultados más altos que las que emplean monovalentes (5).

Según lo anterior la determinación del hidrógeno de cambio está rodeada de cierto empirismo, que origina los distintos resultados obtenidos por los diversos métodos en uso.

Puesto que el concepto de hidrógeno de cambio depende íntimamente de lo que se considere como “suelo saturado de bases”, una definición lo más precisa posible con la realidad nos fijará las condiciones y evitará ese empirismo (7, 11). Bradfield y Allison (2) dan para el suelo saturado de bases la definición más lógica y de acuerdo con la naturaleza: “aquel que ha alcanzado el equilibrio con un exceso de CO_3Ca a la presión parcial del CO_2 que existe en la atmósfera y a una temperatura de 25°C ”. Su método del carbonato residual debe tomarse como tipo de comparación en la determinación del hidrógeno de cambio por no ser adecuado a la rutina de laboratorio.

Entre los métodos que comprenden la extracción del hidrógeno de cambio con solución salina uno de los más empleados es el de Schollenberger y Dreibelbis, que utilizan acetato amónico normal (4,

9, 13). Esta solución es muy efectiva para reemplazar el hidrógeno de cambio, por estar muy bien amortiguada a pH 7; al menos, para suelos con arcillas de red 2:1, coincide con el método del carbonato residual.

De los métodos rápidos para la determinación del hidrógeno de cambio destaca el método de Brown (3). Se base en una sola extracción del suelo con solución normal de acetato amónico a pH 7, seguida de la determinación del pH de la mezcla suelo-solución por medio de electrodo de vidrio. Del cambio en el valor del pH de la solución de acetato amónico se obtiene directamente la cantidad de hidrógeno mediante una curva de calibración. Esta curva se prepara por representación de los valores que va adquiriendo el pH de la solución de acetato amónico al ir añadiéndole sucesivas cantidades de ácido acético. Los resultados de éste método concuerdan bien, según el autor, con los obtenidos por los métodos de Shollenberger y con el de Jones-Merble. El primero emplea acetato amónico y los dos últimos acetato cálcico.

Determinación de las bases de cambio.

Hay numerosos métodos para la determinación de las bases de cambio. El fundamento de casi todos consiste en su extracción por una reacción de cambio con una solución salina cuyo catión no sea de los que existen en el complejo del suelo, o bien con una solución ácida. Después se determinan los cationes extraídos (1, 10, 12).

Brown emplea en su método rápido una solución de ácido acético normal. Del cambio que experimenta el pH de esta solución deduce mediante una curva de calibración preparada los m. e. de bases por 100 gramos de suelo.

A continuación transcribimos el método de Brown por ser el empleado en este trabajo y por creerlo de interés.

Material: Solución neutra de acetato amónico normal. Solución de ácido acético normal. Potenciómetro con electrodo de vidrio, capaz de detectar diferencias de 0.02 de pH.

Procedimiento para determinar el hidrógeno de cambio: Colocar 2.5 gramos de suelo seco al aire en un erlenmeyer de 50 ml.; añadir 25 ml. de acetato amónico N. pH 7.0; tapar y agitar el erlenmeyer dejándolo en reposo durante una hora con agitación ocasional. Entonces determinar el pH en la mezcla (numerosos experimentos han mostrado que la reacción es lo suficientemente completa para dar el mismo pH tanto en el lixiviado como en la mezcla). En la curva elaborada se leen directamente los m. e. de hidrógeno de cambio por 100 gramos de suelo seco al aire.

Procedimiento para determinar las bases del cambio: Colocar 2.5 gramos de suelo seco al aire y añadir 25 ml. de ácido acético N en la misma forma anterior. Determinar el pH de la mezcla; en la curva de calibración se leen directamente los m. e. de bases totales por 100 gramos de suelo.

Elaboración de las curvas de calibración: La curva para el hidrógeno se obtiene al valorar 100 ml. de acetato amónico N con acético 0.2 N. El número de m. e. de acético requeridos para bajar el pH de la solución de acetato amónico se multiplican por 10 para obtener la cantidad necesitada para 1.000 ml. En el empleo de esta curva para determinar H^+ se supone que la reacción es completa y que una cantidad idéntica de H^+ , ya sea combinado con el ácido acético o previamente combinado con el complejo de cambio del suelo, causarán un cambio idéntico en el pH de 1.000 ml. de acetato amónico N. Entonces, el pH de una mezcla de 100 gramos de suelo y 1.000 ml. de acetato amónico N, indica, según la curva, los m. e. de H^+ de cambio por 100 gramos de suelo. Cualquier mezcla en proporción de 1 de suelo a 10 de acetato amónico N puede por tanto emplearse. Cantidades convenientes para suelos minerales son 2.5 gramos de suelo y 25 ml. de solución.

La curva de calibración para bases se obtiene, análogamente, al valorar 100 ml. de ácido acético N con hidróxido de amonio. Por el mismo razonamiento anterior el pH de una mezcla 1:10 de suelo a ácido acético N da mediante esta curva los m. e. de bases por 100 gramos de suelo.

Antes de hacer las determinaciones se controla el potenciómetro en el pH inicial de la solución buffer, después se efectúa la oportuna corrección por la temperatura de la solución. Este control sirve para detectar cualquier posible cambio en las condiciones de operación.

Muchas variaciones se pueden efectuar en estas anteriores direcciones. La proporción suelo-solución se puede alterar de acuerdo con los respectivos cambios en la escala de la curva de valoración. También darán buenos resultados otras soluciones de diferentes fortalezas y pH inicial distinto de los dados, con tal que sean lo suficientemente concentradas para impedir la ionización de las bases, y de un alto poder de amortiguación para evitar una curva de valoración amplia con el consiguiente perjuicio en el pH.

Aproximadamente se pueden realizar de 15 a 20 determinaciones por hora.

MATERIALES Y METODOS

Entre las muestras analizadas del Municipio de Marinilla con el método de Brown, hemos escogido para presentar aquí, un grupo que representa adecuadamente el total. El grupo comprende desde los suelos aluviales de inundación periódica hasta los suelos muy húmiferos y fuertemente podsolizados, que se encuentran en las terrazas más antiguas. Estos suelos se hallan entre los 2.000 y 2.200 metros de altitud. La temperatura media anual es de 17° C. El clima, según Koppen es Húmedo-Mesotermal Cbf.

Fue necesario modificar la relación suelo/solución por la gran cantidad de hidrógeno de cambio de la mayor parte de los suelos.

Además de la solución extractora de acetato amónico normal, para el hidrógeno de cambio, se utilizó una de acetato cálcico 0.5 N, teniendo en cuenta que estos suelos son ricos en materia orgánica y de acuerdo con resultados obtenidos por López (6) en suelos con un alto contenido de este mismo constituyente.

Damos a continuación la descripción de las muestras y en la Tabla I algunos datos físico-químicos de ellas.

A — Terrazas bajas inundables

Muestra 104. - Superficie de suelo aluvial; gris pardo. Última terraza, a 1 m. sobre el nivel de las aguas de la Quebrada Cimarrona; constituida por aluviones micáceos recientes que a unos 20 cms. se presentan abigarrados. A los 35 cms. aparece el nivel freático con material turbulento. En pasto permanente de grama común.

Muestra 105. - Superficie de suelo aluvial; pardo claro. Última terraza a 1 m. sobre el nivel del Río Marinilla. Aluvión muy micáceo. En pasto permanente de grama común.

Muestra 101. - Superficie de suelo aluvial; pardo amarillento. Última terraza a 1 m. sobre las aguas de la Quebrada La Mosca. En cultivo de maíz, que presenta síntomas de deficiencia de fósforo y magnesio. Producciones muy bajas.

B — Terrazas intermedias no inundables

Muestra 107. - Superficie de suelo aluvial; pardo grisáceo oscuro. A unos 2 m. sobre el nivel del Río Marinilla. En cultivo de maíz.

Muestra 102. - Superficie de suelo húmifero; pardo grisáceo muy oscuro. En cultivo de maíz.

C — Terrazas altas

Muestra 106. - Superficie de suelo húmifero podsolizado; pardo muy oscuro. La terraza, con ligera pendiente, termina bruscamente con un talud sobre las terrazas intermedias del Río Marinilla. En cultivo de maíz.

Muestra 103. - Superficie de suelo húmifero; pardo muy oscuro a negro. La terraza plana termina bruscamente sobre los aluviones recientes de la Quebrada Cimarrona, en su cruce con la carretera Marinilla-Rionegro. En pasto permanente de grama común.

Muestra 108. - Suelo húmifero fuertemente podsolizado; pardo muy oscuro. Presenta varias bandas concrecionarias ferruginosas. Alto en carretera Marinilla-Peñol, frente a la Granja S. José de la Secretaría de Agricultura. En maizal.

Muestra 109. - Suelo húmifero fuertemente podsolizado; pardo muy oscuro-negro. Con banda concrecionaria limonítica. Alto de la colina a la derecha de la confluencia de la Quebrada La Laja en el Río Marinilla. Bajo matorral.

TABLA 1. - Análisis químico de los suelos estudiados

Muestra	Humedad %	pH	C %	N %	C/N	Materia Orgánica %	C O L O R Munsell Soil Color Charts
104	2.6	5.1	3.4	0.19	18	6.0	10 YR 5/2 Gris pardo
105	4.7	5.2	4.1	0.29	14	7.5	10 YR 6/3 Pardo claro
101	10.0	4.7	4.8	0.44	11	9.3	10 YR 5/4 Pardo amarillento
107	5.9	4.9	6.0	0.35	17	11.0	10 YR 5/2 - 10 YR 4/2 Pardo grisáceo oscuro
102	12.3	5.2	10.9	0.61	18	21.5	10 YR 3/2 Pardo grisáceo muy oscuro
106	14.5	4.7	15.9	0.87	18	31.9	10 YR 2/2 Pardo muy oscuro
103	14.6	4.9	20.8	1.09	20	41.9	10 YR 2/2 - 10 YR 2/1 Pardo muy oscuro a negro
108	14.9	4.8	23.4	0.89	26	47.6	10 YR 2/2 - 10 YR 2/1 Pardo muy oscuro a negro
109	15.5	4.6	27.5	1.03	27	56.2	10 YR 2/2 Pardo muy oscuro

Materia orgánica en suelos secos a 105° C.

pH con electrodo de vidrio en suelo saturado

C por Walkley - Black

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos al emplear el método de Brown en el estudio del complejo de cambio de estos suelos está de acuerdo con lo que se esperaba de ellos.

Así, el hidrógeno de cambio aumenta considerablemente (Figura 1) de los suelos aluviales de formación reciente hasta los suelos húmíferos de las terrazas más antiguas.

Las bases de cambio aumentan en su valor absoluto con la antigüedad de los suelos. Esto es debido a que también aumenta en este sentido el contenido en materia orgánica la cual posee una gran capa-

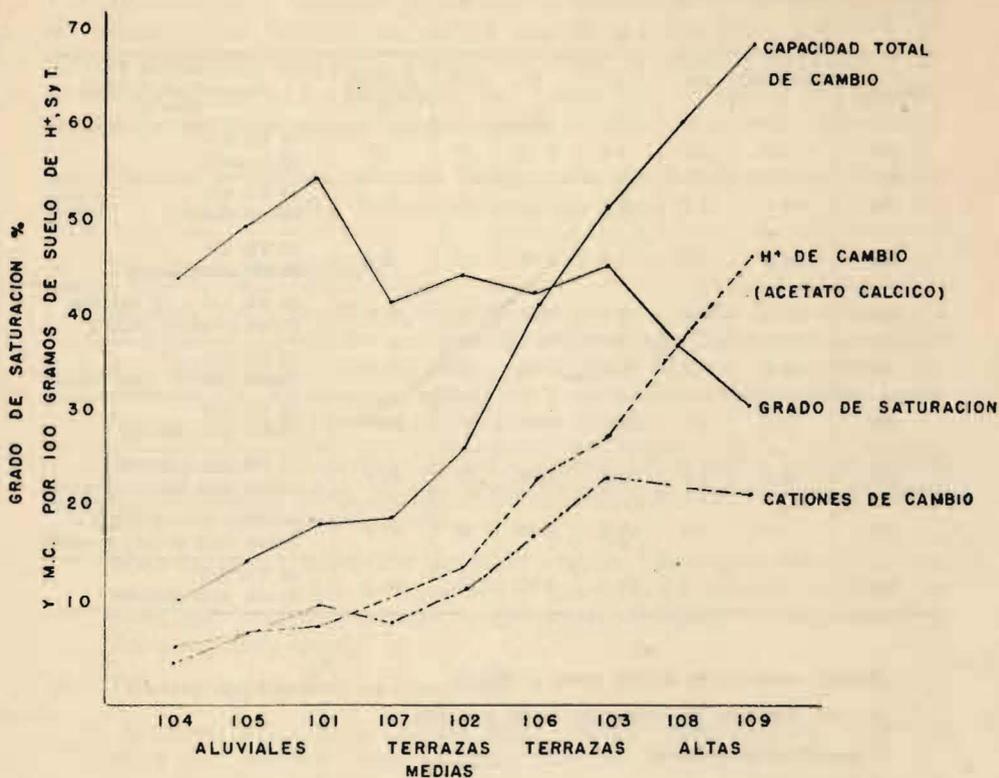


FIGURA 1

ESTUDIO DEL COMPLETO DE CAMBIO SEGUN BROWN

cidad de cambio. Esto no quiere decir que los suelos con mayor cantidad de bases sean más fértiles, ya que lo determinante de la fertilidad es el grado de saturación de bases.

El grado de saturación disminuye con la antigüedad de los suelos. En todos ellos es demasiado bajo; en los aluviones no alcanza siquiera a un 60%, y desciende hasta un 32% en las terrazas más antiguas.

El descenso que experimenta el grado de saturación con la antigüedad de los suelos indica el proceso de empobrecimiento que están sufriendo estos suelos de la zona fría. Continuamente, el ión hidrógeno proveniente de las sustancias ácidas del suelo y del ácido carbónico, que siempre se halla presente en la solución del suelo, va sustituyendo los cationes de cambio del complejo arcilloso-húmico, con lo que el grado de saturación disminuye cada día. Por tanto, a pesar del nuevo

TABLA 2 - H⁺ de cambio, según Brown

Comparación entre el extraído con acetato amónico y acetato cálcico 0.5 N

Muestra	H ⁺ de cambio, m. e. /100 grms.		△
	Acetato amónico 1 N	Acetato cálcico 0.5 N	
104	6.6	6.0	— 0.6
105	8.0	7.5	— 0.5
101	9.5	8.3	— 1.2
107	11.0	11.3	+ 0.3
102	14.6	13.2	— 1.4
106	23.2	23.6	+ 0.4
103	26.0	28.2	+ 2.2
108	33.0	38.0	+ 5.0
109	38.0	47.0	+ 9.0

Suelos secos al aire.

aporte de bases a la superficie, procedentes de meteorización de los minerales, o de las plantas que los toman de los horizontes más profundos y al fin los depositan en la superficie al morir, predomina en esta zona el proceso de desbasificación o acidificación. Se originan, así, suelos podsolizados muy pobres en cuanto a su fertilidad.

El proceso se agrava cuando los suelos se explotan sin la adición de enmiendas y abonos, pues las plantas extraen gran cantidad de nutrientes sin ser entonces restituidos.

De la comparación del hidrógeno de cambio determinado con acetato amónico y con acetato cálcico vemos que ambas soluciones coinciden en los suelos con menor contenido en materia orgánica y que el hidrógeno de cambio extraído es mayor en los suelos con gran contenido en ésta al emplear acetato cálcico. La diferencia, sin embargo, no es muy grande; esto puede explicarse teniendo en cuenta que la materia orgánica coloidal de esta zona fría está constituida principalmente por ácidos humínicos pardos. En contraste con los ácidos humínicos grises, originados de la transformación de los restos vegetales en condiciones de temperatura, humedad y riqueza en bases más adecuadas, los ácidos humínicos pardos poseen menor capacidad de retención de cationes y menos selectividad para el catión calcio.

TABLA 3. - Estado del complejo de cambio según Brown

Muestra	m. e. / 100 grms. suelo			Grado de Saturación V %
	H ⁺	Bases de cambio S	Capacidad total de cambio T	
104	6.0	4.8	10.8	44.4
105	7.5	7.5	15.0	50.0
101	8.3	10.5	18.8	55.8
107	11.3	8.2	19.5	42.0
102	14.6	12.0	26.6	45.1
106	23.6	18.0	41.6	43.3
103	28.0	24.0	52.0	46.1
108	38.0	23.0	61.0	37.7
109	47.0	22.0	69.0	31.9

Suelos secos al aire.

H⁺, con acetato cálcico 0.5 N, pH 7.0

S, con acético N, pH 2.30

RESUMEN

Se estudió el complejo de cambio en suelos aluviales recientes, terrazas medias y terrazas altas del Municipio de Marinilla por el método rápido de Brown.

El grado de saturación, bajo en todos ellos, se acentúa en los suelos de las terrazas más antiguas y nos indica el bajo nivel de fertilidad de estos suelos.

La extracción del hidrógeno de cambio con acetato cálcico coincide con la que efectúa el acetato amónico, excepto para los suelos más ricos en materia orgánica con los que proporciona resultados más altos la solución extractora de acetato cálcico.

BIBLIOGRAFIA

- 1—Albareda, J. M. 1940 El Suelo. Saeta, Madrid.
- 2—Bradfield, R. y Allison, W. H. 1933 Criteria of Base Saturation in Soils. Trans. Second Comm. Internatl. Soc. Soil Sci. A: 63 - 79.
- 3—Brown, I. C. 1943. A rapid Method Determining Exchangeable Hydrogen and Total Exchangeables Bases of Soils. Soil Sci. 59: 353 - 357.
- 4—Chapman, P. P. D. y Kelley, W. P. 1930 The determination of the Repleceable - Bases and the Base-Exchange Capacity of Soils. Soil S ci. 30: 391 - 406.
- 5—Mehlich, A. 1945 Efect of Type of Soil Colloid on Cation-Adsorption Capacity and on Exchangeables Hydrogen and Calcium as Measured by Different Methods. Soil Sci. 60: 289 - 304.
- 6—López, M. 1953 Selección de un método apropiado para determinar "hidrógeno de cambio" en suelos de la zona cafetera de Colombia. Bol. Inf. F. N. C. vol. IV. 43: 17 - 25. Chinchiná, Caldas.
- 7—Feech, M. 1948 Chemical Methods for Assesing Soil Fertilty. En Diagnostic - Techniques for Soil and Crops, pag. 25. The Amer. Potash Inst. Washington 6, d. C.
- 8—Feech, M. Loc. pag. 21.
- 9—Feech, M. et al. 1947. Methods of Soil Analsys for Soil-Fertility Investigations. U. S. Dept. Agr. Circ. 757.
- 10—Piper, C. S. 1950 Soil and Plant Analsys, pag. 154. Interscience Publisher, Inc. New York.
- 11—Piper, C. S. loc. pag. 165.
- 12—Prince, A. L. 1955 Methods in Soil Analsys, En Chemistry of the Soil. A. C. S. Monograph Series N° 126.
- 13—Schollenberger, C. J. Dreibelbis, F. R. 1930 Analytical Methods in Base - Exchangr Investigations on Soils. Soil Sci. 30: 161-173.