

Influencia del anhídrido carbónico en el pH de los suelos alcalinos

POR

JORGE S. MOLINA, Ing. Agrón. (*)

“Soil reaction is not a constant property of any soil but a function of many factors”.

Whitney and Gardner (1943)

ANTECEDENTES

Los suelos alcalinos presentan algunas características especiales en relación con la influencia del anhídrido carbónico en el pH de los mismos.

Whitney y Gardner (1943) han establecido claramente que el pH de un suelo alcalino está vinculado directamente con la presión de anhídrido carbónico en el mismo. Incluso midiendo la presión de anhídrido carbónico en un suelo de este tipo es posible determinar su pH.

Según sus propias palabras “Determinations of pH in a suspension of soil in distilled water with a very low CO₂ content because the soil is under a lower CO₂ pressure than is ever found in the field, sion of soil in distilled water with a very low CO₂ content because the soil is under a lower CO₂ pressure than is ever found in the field, probably would give a much higher pH for calcareous soils than is ever found in the field. For this reason single pH determinations made under such conditions are limited in usefulness. It is suggested that, for single-value pH determinations, equilibrating the soil with air before the determination would give a better value because such a value would approximate maximum pH of the soil under field conditions. Another pH value obtained by equilibrating the sample with

(*) Profesor Titular de Agricultura General. Colaboraron en este trabajo varios de los ayudantes de la cátedra y alumnos que realizaban trabajos de intensificación.

Este trabajo fue realizado en el Laboratorio de Investigaciones Agrícolas apoyado por la Fundación Juan Bautista Sauberán, contándose asimismo con un subsidio especial del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

"a stream of pure CO_2 gas would give the approximately minimum pH of the soil under field conditions. Connecting the two points would give a curve characteristic of the soil."

Estas ideas tan concretas y que indican claramente el camino a seguir, lamentablemente no fueron llevadas a la práctica, por lo menos de acuerdo a las informaciones que han estado a nuestro alcance.

El método desarrollado posteriormente por los mismos autores para la determinación del pH de suelos alcalinos resultaba un tanto complicado, siendo quizás este el motivo que limitó su aplicación posterior.

Las investigaciones desarrolladas en el presente trabajo tienden a desarrollar las ideas enunciadas por estos dos autores americanos, vinculándolas con los ensayos de mejoramiento de suelos alcalinos en gran escala llevados a cabo en la República Argentina por Sauberman y Molina (1960).

MATERIAL Y MÉTODOS

Los suelos con los que se ha trabajado son los indicados en la planilla 1. Además en las planillas adjuntas se incluyen algunos datos analíticos parciales de las muestras objeto de este estudio. (Ver Apéndice.)

Se trabajó principalmente con un Beckman Zeromatic equipado con electrodos "Standard", lo que introduce algunos pequeños errores en las determinaciones de pH más elevados.

Determinación de pH "standard".

En los ensayos preliminares se usó principalmente la dilución suelo-agua de 1:2,5 y estos datos son los incluidos en la planilla N° 2.

Posteriormente se ensayaron otras diluciones que se indican en cada caso. Los datos incluidos en la planilla N° 3 han sido determinados en la relación 1:10.

En todos los casos se usó agua destilada exenta de CO_2 por ebullición. La mezcla suelo-agua se agitó por 30 minutos.

Determinación de pH en corriente de CO_2 .

En el mismo vaso de precipitados en el que se hizo la determinación "standard" se hizo pasar una corriente de CO_2 regularmente intensa. El pH desciende de inmediato y el dato anotado corresponde a la estabilización que se produce al cabo de 4 - 5 minutos. En las curvas adjuntas se indican las lecturas de pH cada minuto.

PLANILLA N° 1

Número muestra	Descripción de la misma	Datos de campaña	
		Cloruros	Sulfatos
1	Muestra superficial de un bajo salitroso, con agropiro bien germinado. Est. Don Roque (Pirovano - F.C.N.G.R.).	++	++
2	Idem. Muestra superficial de un sector sin vegetación con sales en superficie.	+++	+++
5	Idem. Muestra superficial cerca de un sumidero de drenaje. Suelo lavado.	+	—
6	Idem. Muestra de la costra salitrosa.	n. d.	n. d.
7	Idem. Muestra de 1,0-1,20 de profundidad.	+++	+++
8	Muestra superficial de un cañadón salitroso en la Estancia "La Barraneosa" (Rufino - F.C.N.G.B.M.).	n. d.	n. d.
11	Bajo salino en la Estancia "La Irenita" (Daireaux - F.C.N.G.R.). Muestra superficial, parte estéril a 1 m. de donde comienza la vegetación.	+++	+++
15	Bajo alcalino en la Estancia "El Correntino" (Albariños - F.C.N.D.F.S.). Muestra superficial, potrero 100.	+	—
16	Idem, anterior. Muestra superficial pot. 101.	+++	+
17	Muestra superficial bajo salino. Campo "La Florencia", pot. 14. (Ceres - F.C.N.G.B.M.).	+++	++
18	Idem, anterior. Pot. 25 S.O. Muestra superficial manchones sin vegetación.	+	+
19	Suelo recuperado con pradera bien implantada de agropiro alargado, "trébol dulce", etc. en el bajo salitroso. Estancia "Don Roque" (Pirovano - F.C.N.G.R.).	+	—
20	Muestra tomada a pocos metros de la anterior. Suelo sin vegetación, se lo toma como testigo del estado del suelo antes de la implantación de la pradera.	++	—
21	Muestra superficial de un bajo alcalino de la Estación Experimental de Anguil. Parte estéril, sin vegetación a 1 m. del borde donde comienza la misma.	n. d.	n. d.

PLANILLA N° 1 (Cont.)

Número muestra	Descripción de la misma	Datos de campaña	
		Cloruros	Sulfatos
22	Idem. a la anterior, pero en el borde mismo con vegetación.	+	—
23	Idem. a la anterior, pero tomada en la parte con vegetación a 1 m. del borde donde comienza la misma.	+	—
24	Muestra superficial de un bajo salino-alcalino de la misma estación. Parte estéril.	+++	+++
25	Idem. anterior. Borde vegetación.	++	+
26	Idem. anterior. Zona con vegetación.	+	+
27	Muestra superficial de un salitral negro en la isla de Choele Choel. Parte estéril.	+++	+++
28	Idem. a la anterior. Borde con vegetación.	++	++
29	Idem. a la anterior. Zona con vegetación.	+	+
30	Muestra superficial de un campo salitroso en Pilar (Buenos Aires) parte estéril.	+	+
31	Idem anterior. Borde con vegetación.	+	—
32	Idem anterior. Zona con vegetación.	+	—
33	Bajo alcalino. Estancia "El Gallo" (Andant - F.C.N.G.B.M.). Muestra superficial zona estéril (potrero 4).	n. d.	n. d.
34	Idem a la anterior. Borde con vegetación.	n. d.	n. d.
35	Idem a la anterior. Zona con vegetación.	n. d.	n. d.
36	Bajo salino en la Estancia "La Larga Vieja" (La Larga - F.C.N.G.R.). Zona estéril.	+++	+++
37	Idem a la anterior. Borde con vegetación.	+++	+++
38	Idem a la anterior. Zona con vegetación.	+++	+++

Número muestra	Descripción de la misma	Datos de campaña	
		Cloruros	Sulfatos
39	Bajo alcalino en la Estancia "Don Elías" (Ceres - F.C.N.G.B.M.). Muestra superficial, potrero 23. Zona estéril.	++	—
40	Idem a la anterior. Borde con vegetación.	+	—
41	Idem a la anterior. Zona con vegetación.	n. d.	n. d.
42	Bajo alcalino en la Estancia "El De-seado" (Urdampilleta - F.C.N.G.R.). Muestra superficial de la zona estéril.	++	++
43	Idem a la anterior. Borde con vegetación.	++	++
44	Idem a la anterior. Zona con vegetación.	—	—

Determinación de pH en corriente de aire.

A continuación de la determinación del valor en corriente de CO_2 y siempre en el mismo vaso de precipitados, se hace pasar una corriente muy intensa de aire, que mantiene al suelo en suspensión. Se determina el pH cada 5 minutos y se anota el dato final cuando el pH se estabiliza, lo que ocurre generalmente al cabo de 25 - 30 minutos. En las curvas adjuntas figuran todas las determinaciones parciales y en la planilla N° 3 el resultado final de las determinaciones efectuadas.

RESULTADOS

Estudio de un bajo "salitroso" en Alberti (Buenos Aires)

En este ensayo preliminar realizado por el Ing. Agrón. C. A. Vollert bajo nuestra dirección, se estudiaron los suelos de diferentes sectores de un bajo "salitroso" en la localidad de Alberti, en la Provincia de Buenos Aires.

Las muestras fueron seleccionadas tratando de englobar la mayor parte de las zonas diferenciales de tierras dentro del bajo, las que se caracterizan sobre todo por la diferencia de nivel.

Muestra A. Suelo sin vegetación, en la parte más baja del potrero. Con manchones de sal en superficie. Capa dura de tosca a 30 cm. de profundidad. Contenido de materia orgánica 1,61 %.

Muestra B. Tomada a dos metros de distancia de la muestra ante-

PLANILLA N° 2

N° muestra	pH "standard" suelo-agua 1: 2,5	pH final en corriente de CO ₂
1	9,4	6,1
2	11,2	6,9
3	9,5	6,1
5	10,6	6,7
7	10,0	6,0
8	10,2	6,0
11	10,2	5,5
15	9,3	6,1
16	9,9	6,5
17	7,7	5,3
18	10,3	5,8
19	7,9	5,4
20	9,6	6,2
21	10,1	6,4
22	10,0	6,6
23	9,6	6,5
24	11,4	6,6
25	10,8	6,5
26	9,4	6,3
27	10,6	6,6
28	10,1	6,4
29	9,8	6,4
30	10,1	6,4
31	9,0	6,0
32	8,7	5,6
33	9,4	6,1
34	9,1	5,9
35	8,3	5,6
36	10,0	6,8
37	10,1	6,5
38	9,9	6,7
39	10,1	6,1
40	8,8	5,7
41	7,0	5,5
42	9,7	6,3
43	9,7	6,0
44	8,8	5,9

terior, donde comienza a desarrollar la vegetación compuesta principalmente por *Distichlys* sp. ("pelo de chancho"). Capa de tosca a 60-70 cm. Materia orgánica 2,25 %.

Muestra C. Similar a B pero con mayor desarrollo de vegetación. 2,44 % de materia orgánica.

Muestra D. Tomada en la zona donde comienza a elevarse el terreno y la vegetación mejora de manera visible. Tosca a 70-80 cm. Contenido de materia orgánica 2,59 %.

Muestra E. Muestra zona alta con suelos normales de la región. No se encuentra tosca. 3,83 % de materia orgánica.

Todas las muestras son superficiales.

Los datos de campaña correspondientes a estas muestras figuran a continuación:

Muestra	Reacción a la fenolftaleína	Cloruros	Sulfatos	Carbonatos
A	Rojo	+++	++	+
B	Rojo intenso	++	—	+
C	Rojo intenso	+	—	+
D	Rosado	—	—	—
E	Incoloro	—	—	—

Los estudios con respecto a la influencia del CO_2 se realizaron en todas las muestras de la serie con los siguientes resultados:

Muestra	pH "standard" 1: 2,5	pH final en corriente de CO_2
A	11,6	6,3
B	9,7	5,4
C	9,9	5,7
D	8,2	4,9
E	5,5	4,4

En este ensayo particular se empleó un potenciómetro "Hydrogenion", realizándose las determinaciones en el Laboratorio de la Cátedra de Microbiología Agrícola de la Fac. Agron. y Vet. Bs. As., por gentileza del profesor Ing. Agrón. Santos Soriano.

*Estudio del bajo "salitroso" de la Estancia**"Don Roque" (Pirovano).*

En el mismo bajo salitroso indicado en la primera parte de este trabajo se tomaron dos muestras tipo.

Muestra A. Suelo testigo sin mejorar. Prácticamente carente de vegetación. Muestra 0-20 cm. Materia orgánica 1,9 %.

Muestra B. Suelo a pocos metros de distancia de la muestra anterior. Pastura permanente compuesta principalmente por agropiro alargado, "sweet clover", etc. Con muchas deyecciones de vacunos en superficie. Es en realidad el mismo suelo anterior, mejorado durante tres años por la pastura permanente. Contenido de materia orgánica 3,42 %.

Los datos analíticos de campaña correspondientes a estas muestras, son los siguientes:

Muestra	Reacción a la fenolftaleína	Cloruros	Sulfatos	Carbonatos
A	Rojo	++	—	+
B	Incoloro	+	—	—

Las determinaciones de pH dieron los siguientes datos:

Muestra	pH "standard" 1: 2,5	pH final en corriente de CO ₂
A	9,9	5,8
B	8,6	4,8

Otra muestra extraída del mismo bajo, en el lugar en el que habían germinado una serie de plantas de agropiro alargado (casi en la misma costra "salitrosa"), dio los siguientes resultados:

Muestra suelo con agropiro germinado:

pH "standard" 1 : 2,5

pH final en corriente de

CO₂

10,3

6,4

En este lugar no hubo incorporación previa de maíz de Guinea, lo que indica la enorme resistencia del agropiro alargado a condiciones extremas de alcalinidad. (Sauberán y Molina, 1960).

Ensayos preliminares con suelos "salitrosos"

de diversas procedencias:

Los números de las muestras corresponden a los suelos cuyas características se detallan en la planilla N° 1.

Los resultados obtenidos se indican en la planilla N° 2 —datos tomados de Molina y Quant. (1962.)

Ensayos definitivos:

De acuerdo con los ensayos preliminares, se adoptó el sistema de determinar a continuación uno de otro los valores de pH correspondientes a la influencia del CO_2 y del aire.

Se determinó, de acuerdo a lo que se indica en los métodos de trabajo, primeramente el pH "standard" en relación suelo-agua igual a 1 : 10.

A continuación se hace pasar la corriente de CO_2 y una vez determinado el valor final de pH en estas condiciones, se hace pasar la corriente de aire.

Los datos obtenidos se indican en la planilla N° 3. Los números de muestra indicados corresponden a los suelos de la planilla N° 1.

De cada una de las muestras indicadas se confeccionó una curva completa.

Las curvas son todas muy similares y semejantes a las indicadas en los gráficos adjuntos (Suelos N° 21, 22 y 23).

Ensayos especiales:

- a) *Modificación del pH de una suspensión de suelo tratada con CO_2 y dejada directamente en contacto con el medio ambiente.*

El primer ensayo se realizó con la muestra N° 29 (Planilla N° 1) tomada en el sector con vegetación de un manchón salitroso en la isla de Choele Choele.

pH "standard", suelo-agua 1:10	8,9	<i>Agitación 30 minutos</i>
pH final corriente CO ₂	5,2	
pH " " aire	8,0	

PLANILLA N° 3

Número Muestra	pH "standard" 1:10	pH final en corriente de CO ₂	pH final en corriente de aire
1	10,0	5,7	8,5
2	9,7	5,6	8,3
3	8,7	5,6	8,3
5	9,6	5,8	8,3
7	9,8	5,9	8,0
8	9,3	5,3	8,2
11	9,4	5,4	7,8
15	9,4	5,7	8,3
17	7,7	5,1	7,5
18	9,8	5,2	8,0
19	8,5	5,2	7,8
20	9,6	5,8	8,2
21	10,0	6,0	8,5
22	10,0	5,8	8,4
23	9,6	5,7	8,4
24	10,3	5,9	8,6
25	10,2	5,8	8,6
26	9,3	5,6	8,3
27	—	—	—
28	10,2	5,8	8,6
29	8,9	5,2	7,9
30	10,0	5,7	8,5
31	9,0	5,2	7,9
32	8,9	5,1	7,7
33	—	—	—
34	9,3	5,4	8,2
35	8,6	5,1	8,0

Los datos y curvas obtenidos son muy similares a los indicados por Bradfield (1941), trabajando con suelos calcáreos con un procedimiento semejante.

La misma muestra se agitó asimismo 30 minutos y se dejó a temperatura ambiente en el laboratorio. A las 24 horas se tomó pH después de agitar muy poco tiempo.

pH "standard" suelo-agua 1:10	8,6
pH final corriente CO ₂	5,2
pH " " aire	8,0

La misma muestra anterior se agitó solamente 1 minuto y se determinó el pH con los siguientes resultados:

pH "standard" suelo-agua	9,3
pH final corriente CO ₂	5,2

En lugar de hacer pasar una corriente de aire, se dejó la suspensión de suelo a temperatura ambiente y se determinó al pH a tiempos variables, con los siguientes resultados:

pH inicial	5,2
pH 1 hora después	5,5
pH 2 horas después	5,5
pH 3 horas después	5,7
pH 10 horas después	8,0

Esto indica que la suspensión suelo-agua tiende a adquirir al cabo de unas cuantas horas un equilibrio con el CO₂ del aire, que es similar al que se obtiene rápidamente, haciendo pasar una corriente de aire a través del líquido.

Aparentemente de acuerdo con los datos obtenidos, los valores de pH determinados en corriente de CO₂ y de aire, son más estables que los obtenidos en la forma "standard".

Ante estos resultados preliminares se consideró de interés llevar a cabo un estudio más detallado, el que fue efectuado por los alumnos de agronomía, Sres. M. Moneta y A. Varela, bajo nuestra dirección.

Se tomaron para este ensayo cinco muestras de un bajo "salitroso" de la localidad de Rojas (Buenos Aires) y los resultados se indican a continuación:

Muestra	pH standard 1: 10	pH corriente CO ₂	pH 72 hs.	pH 6 días	pH 21 días
Rojas					
I	7,4	5,2	6,1	—	—
IIa.	9,7	6,0	7,9	8,4	9,0
IIb.	9,4	5,9	7,2	7,9	8,6
III	10,2	5,8	7,5	8,2	9,1
IV	9,8	6,3	7,0	8,5	9,4

Resulta bien evidente que al cabo de pocos días el pH se eleva nuevamente y tiende a estabilizarse con el contenido de CO₂ del aire.

Esto indica la necesidad imprescindible de mantener una provisión constante de CO_2 , si queremos mantener bajo el pH de un suelo alcalino.

Si se toma una suspensión de suelo alcalino en agua y se trata con una corriente de CO_2 hasta constancia de pH y luego se hace hervir por unos minutos, el pH aumenta bruscamente, aproximándose a los valores iniciales.

Por ejemplo, en una muestra de un bajo "salitroso" de Vicente L. Casares se tuvieron los siguientes datos:

pH "standard" 1:10	9,8
pH final corriente CO_2	5,6
pH hervido 5 minutos y enfriado	9,0

b) *Modificación del pH de un suelo alcalino en contacto con una atmósfera saturada de CO_2 .*

Se trató de estudiar el efecto de una atmósfera saturada de CO_2 en el pH de un suelo alcalino. Se tomó para ello una muestra de un bajo "salitroso" de la localidad de Vicente L. Casares.

Se humedeció el suelo aproximadamente a la humedad equivalente y se colocó en un desecador, en una atmósfera de CO_2 . Al cabo de los tiempos indicados, se extrajeron muestras y se determinó el pH en la forma "standard", relación suelo-agua 1:2,5.

pH original del suelo	pH 9,7
pH del suelo a los 30 minutos	8,4
(atmósfera de CO_2)	
pH del suelo a las 24 horas	8,3
(ídem. anterior.)	

c) *Ensayos preliminares sobre la influencia del CO_2 en suelos no alcalinos.*

Todos los ensayos anteriores sugirieron la idea de probar que efecto podría tener el agregado de CO_2 en suelos no alcalinos. A tal efecto se hicieron varios ensayos que se detallan a continuación:

Muestra	pH "standard" 1: 2,5	pH final corriente CO ₂
<i>Misiones</i>		
"Capuera"	4,2	 3,4
Yerbal 1	5,0	 4,1
Yerbal 2	5,3	 5,3
"Compost"	7,8	 5,4
"Campo" A	5,3	 5,0
B	5,5	 5,1
C	5,5	 4,8
<i>Saavedra (Bs. As.)</i>		
A	6,0	 4,6
B	5,3	 4,0

En una serie de suelos de la estancia "El Aguapé" de González Cháves, se hizo un estudio más completo, incluyendo el agregado de aire.

Muestra	pH "standard" 1: 10	pH en corriente CO ₂	pH en corriente de aire
1	5,4	4,9	5,4
2	5,7	5,0	5,8
3	5,4	5,1	5,4
4	5,7	5,2	5,7
5	5,6	5,1	5,6
6	5,3	5,0	5,4
7	5,3	5,0	5,4
8	5,9	5,3	6,1
9	5,5	5,1	5,6

Aparentemente los suelos ácidos están casi en equilibrio con el CO₂ de la atmósfera e incluso en algunos casos el agregado de CO₂ casi no altera el pH.

Por otra parte, la aireación intensa lleva al suelo a los mismos valores iniciales de pH o aun mayores, en contados minutos, lo que no se observa nunca en los suelos alcalinos.

Para dar una idea de las curvas que se obtienen en los suelos no alcalinos con el agregado de CO_2 y de aire, se agregan las de los suelos 8 y 9 de González Cháves al final de las curvas de los suelos alcalinos.

DISCUSIÓN

Los datos que anteceden confirmarían plenamente en nuestra opinión los trabajos y las ideas expresadas por Whitney y Gardner, en el sentido de que en los suelos alcalinos la tensión de CO_2 es el factor decisivo en el pH de los mismos.

Posiblemente en los suelos alcalinos no tengan validez los principios básicos de la agricultura, elaborados sobre todo en terrenos ácidos o neutros. En éstos interesaría sobre todo eliminar rápidamente el CO_2 producido por la descomposición de materiales orgánicos o la respiración de las raíces, para evitar una acidez excesiva.

De allí la necesidad de mantener aireado el suelo mediante labores frecuentes, aradas profundas, etc. En los suelos "salitrosos" posiblemente convenga, sobre todo en la etapa inicial de su recuperación, mantener el CO_2 dentro del suelo y facilitar al mismo tiempo al máximo la producción del mismo.

En esta forma el pH podría ser mantenido en valores compatibles con el desarrollo de las plantas. Estos trabajos explicarían muchas de las prácticas agrícolas tradicionales de las regiones con suelos calcáreos, donde el problema puede ser muy similar al de los suelos estudiados en este trabajo.

Breazeale y Mc George (1932) indican que el contenido de CO_2 de los suelos alcalino-calcáreos es extremadamente bajo. Ellos concluyen que el bajo nivel de CO_2 en tales suelos es un factor muy importante en la carencia de asimilabilidad de los fosfatos que se observa en estos suelos. Sus observaciones indican que la falta de fósforo asimilable es el mayor factor limitante en estos suelos y que es debida a la escasez de CO_2 .

En síntesis se podría expresar que los principios básicos son conocidos desde hace tiempo. Lamentablemente habían caído aparentemente en el olvido o no se les había dado la importancia que realmente tienen.

Creemos que es necesario incorporarlos nuevamente a la práctica agrícola de todos los días en el manejo de los suelos alcalinos. Las enormes posibilidades teóricas que se abren actualmente para la recuperación en gran escala de los suelos de esta clase entendemos que justifica cualquier esfuerzo en ese sentido.

CONCLUSIONES

1º — Se confirman los resultados previos de Whitney y Gardner relativos a la importancia decisiva del CO_2 en el pH de los suelos alcalinos.

2º — Se desarrolla un método simple para determinar los valores promedio y mínimo de pH que se pueden obtener en un suelo alcalino en condiciones de campo.

3º — La determinación corriente en agua exenta de anhídrido carbónico, permitiría aparentemente conocer el pH máximo que se obtendría en el suelo en su capa más superficial, en períodos de intensa insolación.

4º — El dato obtenido en corriente de CO_2 , se podría equiparar al pH mínimo del suelo, en contacto con las raíces en actividad o con los trozos de materia orgánica en descomposición activa.

5º — El pH obtenido en corriente de aire calculamos que podría indicar un valor medio del pH existente realmente en la masa del suelo.

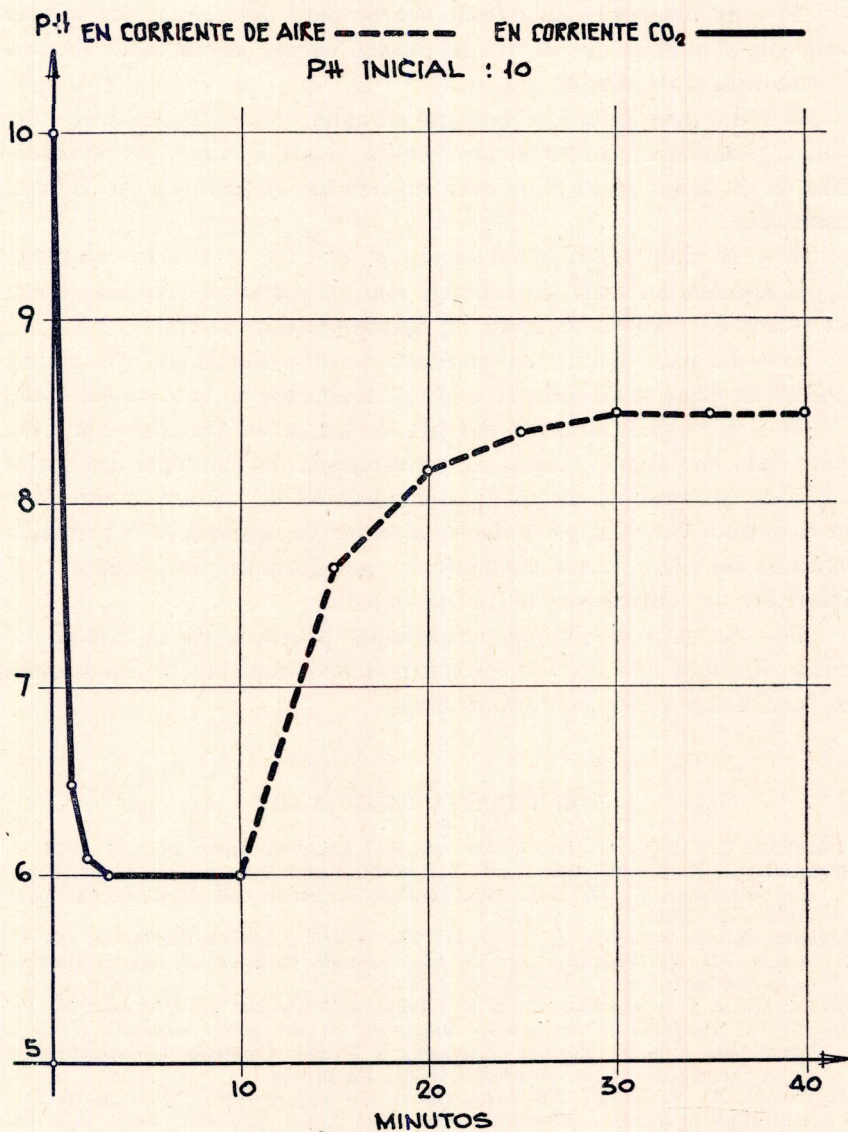
6º — El rápido aumento del pH de los suelos tratados con CO_2 , sobre todo en caliente, indica la conveniencia de mantener los suelos cubiertos con residuos de rastrojos o sobrantes de pastoreo, sobre todo en el verano. Por otra parte debemos tratar de asegurar una provisión continua de CO_2 , ya sea mediante la incorporación de residuos o el desarrollo de cultivos en activo crecimiento.

8º — Se extraen algunas conclusiones prácticas en el manejo de suelos alcalinos que podrían permitir el mejoramiento de los mismos en condiciones sumamente económicas.

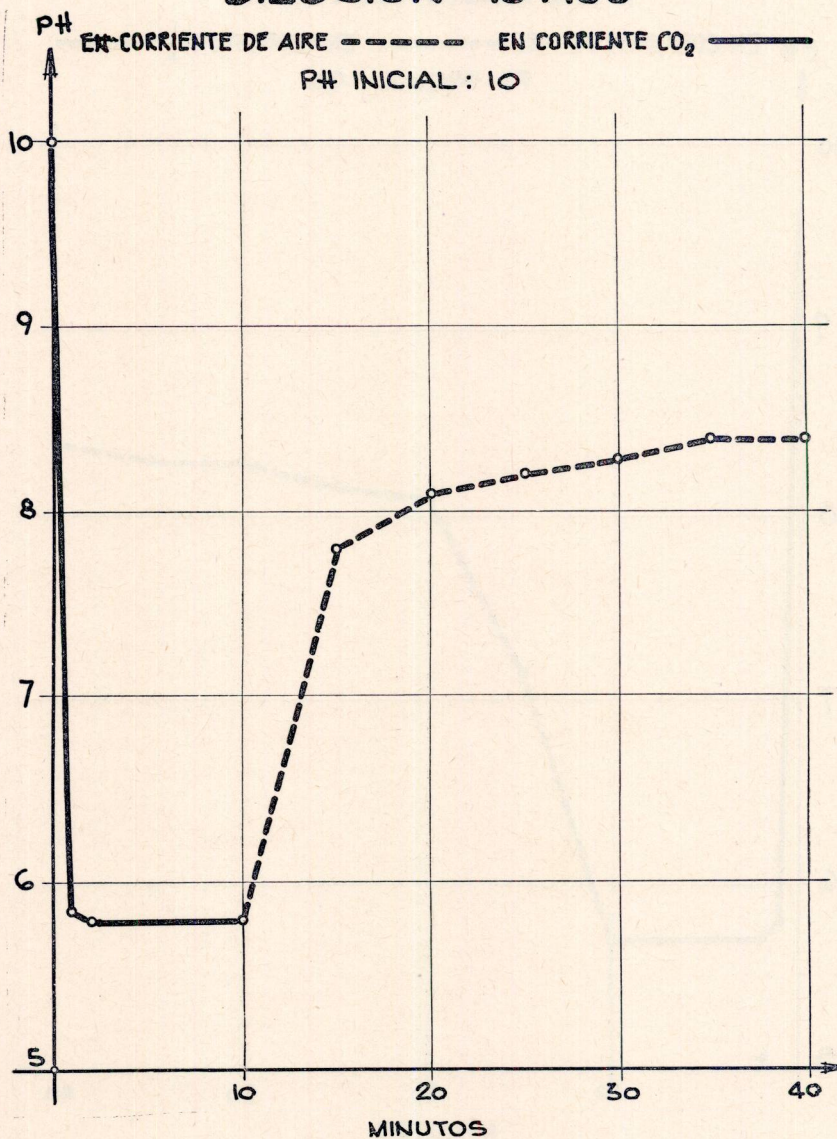
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- BRADFIELD, R. (1941). *Calcium in the soil*. Soil Sci. Soc. Amer. Proc 6: 8-15.
- BREAZEALE, J. F. AND MC GEORGE, W. T. (1932). Mencionado por HAYWARD, H. E. and WADLEIGH, C. H. 1949. *Plant growth on saline and alkaline soils*. Adv. Agron. 1: 1-38.
- GARDNER, R AND WHITNEY, R. S. (1943) *The effect of carbon dioxide on soil reaction. II: An apparatus for the electrometric titration of soil suspensions with carbonated water*. Soil Sci. 56: 63-65.
- MOLINA, J. S. Y QUANT BERMÚDEZ, J. (1962) *Las técnicas de determinación del pH en relación con los procesos biológicos en los suelos alcalinos*. Trabajo presentado a la II Reunión Argentina y Primer Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Mendoza (1962). En prensa.
- MC GEORGE, W. T. (1935) *The measurement and significance of hydroxylion concentration in alkaline calcareous soils*. Ariz. Agric. Exp. Sta. Tech. Bull. 57.
- SAUBERÁN, C. Y MOLINA, J. S. (1960) *Recuperación de suelos alcalinos*. Ciencia e Investigación 16: 337-338.
- WHITNEY, R. S. AND GARDNER, R. (1943) *The effect of carbon dioxide on soil reaction*. Soil Sci. 55:127-141.

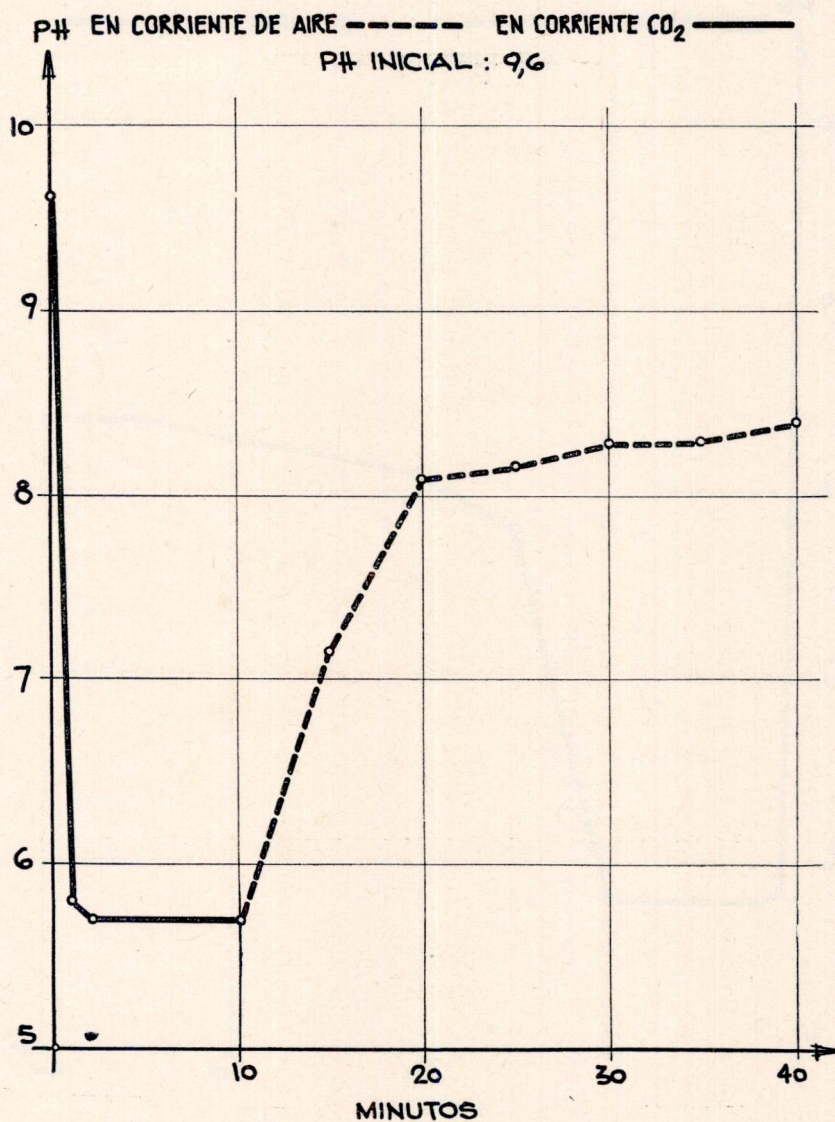
SUELO Nº 21 **DILUCION 10:100**



SUELO Nº22 DILUCION 10:100



SUELO Nº23 DILUCION 10:100

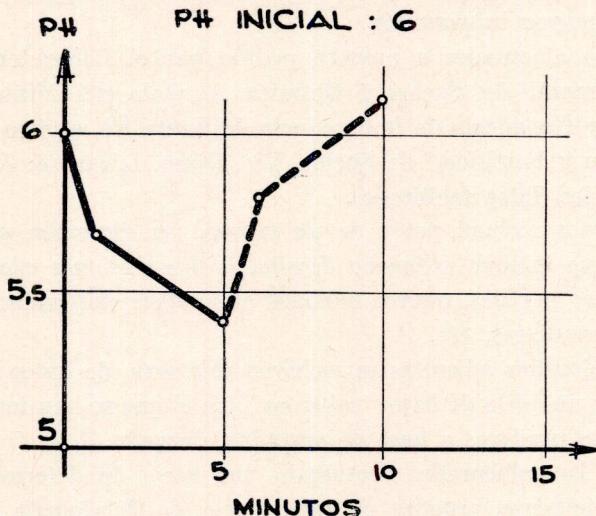


SUELO Nº8 (EL AGUAPE)

DILUCION 10 : 100

PROCEDENCIA : GONZALEZ CHAVEZ

EN CORRIENTE DE AIRE ----- EN CORRIENTE CO₂ ———

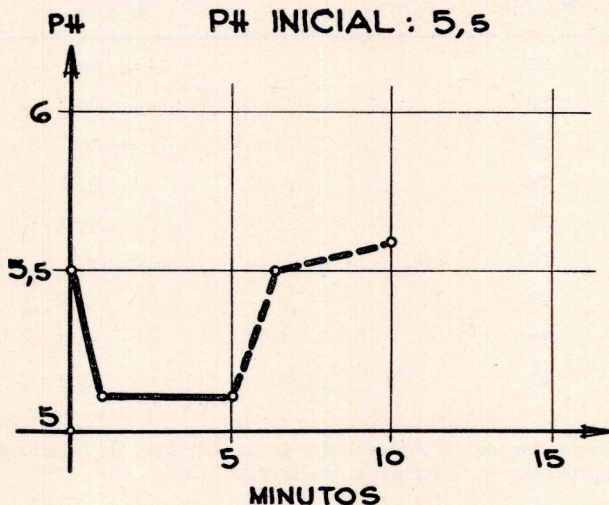


SUELO Nº9 (EL AGUAPE)

DILUCION 10 : 100

PROCEDENCIA : GONZALEZ CHAVEZ

EN CORRIENTE DE AIRE ----- EN CORRIENTE CO₂ ———



A P É N D I C E

Los datos analíticos que se incluyen a continuación no forman parte del trabajo propiamente dicho y se han incluido únicamente para ofrecer una mayor información.

Han sido efectuados a nuestro pedido por el Laboratorio de la Dirección General de Suelos y Química Agrícola del Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Provincia de Santa Fe, a cuyo Director de Valoración y Fertilidad de Suelos, Téc. Quím. Lázaro J. J. Priano, agradecemos los datos facilitados.

Los mismos forman parte de un trabajo en ejecución por dicho laboratorio que incluye asimismo detalladas descripciones edafológicas de los distintos perfiles, nuevos métodos de análisis empleados en estos suelos tan peculiares, etc.

En las planillas adjuntas se incluyen una serie de datos parciales de análisis de un suelo de bajo "salitroso", en el que se han implantado con todo éxito praderas a base de agropiro alargado.

Además ha colaborado efectuando una serie de determinaciones en algunas muestras aisladas el Laboratorio de Edafología Agrícola de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires, a cuyo profesor, Ing. Agrón. Mario J. A. Asunción, agradecemos los datos facilitados.

ALGUNOS DATOS ANALITICOS SOBRE LAS MUESTRAS EN ESTUDIO

Determinación de porcentaje de sales por conductimetría

Número Muestra	% de sales
21	— de 0,2
22	— de 0,2
23	— de 0,2
24	0,34
25	0,34
26	— de 0,2
27	0,57
28	0,53
29	0,31

Análisis efectuados en el Laboratorio de la Cátedra de Edafología de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires.

DATOS ANALÍTICOS SOBRE ALGUNAS DE LAS MUESTRAS EN ESTUDIO

(Análisis realizados en la Cátedra de Edafología de la Fac. Agron. y Vet. Bs. Aires)

Número Muestra	Características	Materia orgánica g % g	Nitrógeno g % g	Fósforo asimilable mg % g	Potasio asimilable mg % g
24	Estéril	0,90	0,151	46	31,20
25	Borde	1,78	0,241	46	31,20
26	Vegetación	2,50	2,250	49	36,82

Número Muestra	Capac. adsorbente m.e. % g	pH (potenc.) r = 1 a 1	Grado de alcalinización (PSI) %	Calcáreo (CO ₃ Ca) por gasometría g % g
24	21,6	10,5	52	8,10
25	24,3	9,9	25	6,22
26	29,3	8,7	12	2,43

Número Muestra	Granulometría (Datos en g % g)				Humedad equivalente g % g
	Arcilla	Limo	A. fina	A. gruesa	
24	14,10	26,35	55,50	3,44	26,7
25	17,00	32,20	47,29	3,01	31,4
26	16,70	22,90	55,70	4,12	25,1

METODOS USADOS:

Materia orgánica = Walkley - Smolik

Nitrógeno = Kjeldahl

Fósforo asimilable = Truog - Peach

Potasio asimilable = Morgan

Capacidad absorbente Aceto NH₄, pH 7,0, M 1

Grado de alcalinización = Valores Na (m.e./l.) y Ca — Mg (m.e./l) contenidos en el extracto a saturación.

Granulometría = Método de la pipeta.

Humedad equivalente = Bomba a 1 atmósfera.

D O N R O Q U E (PIROVANO)

PERFIL N° 613

Muestra N°	7043	7044	7045	7046	7047
Profundidad del horizonte en cm. ...	O-3	3-11	11-24	24-29	29-
Posición de la muestra en cm.	O-3	3-11	13,5-21	24-27	33-48

TEXTURA ELEMENTAL (CRITERIO INTERNACIONAL - gr % DE SUELO DISPERSANTE HEXAMETAFOSFATO SODIO)

Muestra N°	7043		7044		7045		7046		7047	
	I	A	I	A	I	A	I	A	I	A
Coloide (fracción menor de 1 micrón)	43		28		30,5		30		29	
Arcilla (fracción menor de 2 micrones)	53,5		32,5		31,5		39		34,5	
Limo (fracción entre 2 y 20 micrones)	28,53	6,5	13,5	20,5	12,5	22,0	19	24,5	12	19
Arena fina (frac. entre 20 y 200 micrones) ...	5,1		38,4		37,2		25,6		29,1	
Arena gruesa (frac. entre 200 y 2.000 micrones) .	1,5		11,5		12,0		5,0		7,0	
CLASIFICACION AMERICANA	Tierra Arcillosa		Franco Arcillo Arenosa		Franco Arcillo Arenosa		Franco Arcillosa		Franco Arcillo Arenosa	

Muestra N°	7043	7044	7045	7046	7047
CONSTANTES HIDRICAS					
Límite líquido Color (Seco)	10YR5/2	10YR5/1	10YR5/1	10YR6/1	10YR7/1
Límite plástico (Húmedo)	10YR4/1	10YR3/1	10YR3/1	10YR4/1	10YR5/2

EXTRACTO ACUOSO gr. % DE SUELO RELACION SUELO-AGUA: 1:4

Cloruros (Cl)	0,023	0,020	0,057	0,097	0,091
Sulfatos (SO ₄ '')	vest.	vest.	vest.	vest.	vest.
Nitratos (NO ₃ ')	—	—	—	—	—
Carbonatos (CO ₃ '')	0,019	—	—	0,022	0,022
Bicarbonatos (CO ₃ H ')	0,168	0,143	0,157	0,112	0,186
Calcio (Ca '')	0,004	0,004	0,003	0,014	0,004
Magnesio (Mg '')	vest.	vest.	vest.	vest.	vest.
Sodio y Potasio (Na + K)	0,090	0,066	0,095	0,136	0,143
TOTALES (residuo seco del extracto acuoso)	0,304	0,233	0,312	0,381	0,446

COMPLEJO DE INTERCAMBIO - MILIEQUIVALENTES POR 100 gr.

Capacid. de intercambio (T)	33,4	13	24	25	19
Insaturación (T-S)	0,47	—	—	—	—
Calcio intercambiable (Ca)	17,87	10,39	11,63	8,72	6,23
Magnesio intercambiable (Mg)	13,50	5,0	7,17	7,65	7,05
Sodio intercambiable (Na)	11,83	7,76	14,25	12,18	12,65
Potasio intercambiable (K)	4,08	2,66	3,16	3,24	2,16
Capacidad de Int. (Suma)	47,75	26,81	36,21	31,79	28,09

DETERMINACIONES VARIAS - gr. % DE SUELO

Materia orgánica	2,17	1,75	1,16	0,81	0,41
Humus	1,26	1,01	0,67	0,45	0,24
Nitrógeno total (N)	0,136	0,102	0,076	0,049	0,035
Relación (C/N)	9,26	9,90	8,81	9,18	6,86
Carbonatos (CO ₃ Ca)	8,92	2,09	5,3	10,18	16,51
Fósforo soluble en ác. cítrico 2 % (P ₂ O ₅)	0,007	0,025	0,024	0,006	0,003
Potasio soluble en ác. nítrico N/25 (K ₂ O)	ND	ND	ND	ND	ND (*)
Calcio soluble en ác. nítrico (CaO)	ND	ND	ND	ND	ND
pH Relación 1:2,5	8,9	9,5	9,5	9,6	9,7
pH Relación 1:1	8,6	9,1	9,1	9,1	9,4

(*) ND = No determ.

Campo ‘ ‘ DON ROQUE ‘ ‘

PERFIL N° 613

Señor R. REPETTO

N° de muestra	Profund. en cm.	Porcentaje de Saturación	CO ₂ Ca gr. %	CO ₂ Mg gr. %	Cationes extraídos m.e. %				Cationes en extracto saturación m.e. %			Cationes Intercambiables m.e. %				S m.e. %	T m.e. % M **	% Na
					Ca (*)	Mg (*)	K (*)	Na (**)	Ca	Mg	K	Ca	Mg	K	Na			
7043	0-3	90,00	6,60	5,25	13,20	7,20	3,43	15,62	0,16	0,02	0,07	13,04	7,18	3,36	14,72	38,30	40,80	36,00
7044	3-11	79,00	1,76	1,21	6,30	3,30	2,81	12,00	0,04	—	0,03	6,26	3,30	2,78	11,14	23,48	24,20	48,50
7045	13,5 - 21	81,00	2,55	1,88	5,40	2,80	3,20	26,30	0,04	—	0,15	5,36	2,80	3,05	24,70	35,91	36,30	68,00
7046	24-27	100,00	6,65	5,20	4,30	2,00	3,12	34,37	0,37	—	0,60	3,93	2,00	2,52	31,43	39,88	40,70	77,20
7047	33-48	100,00	8,30	7,39	2,90	0,90	1,87	28,43	0,09	—	0,80	2,81	0,90	1,07	23,64	28,42	31,20	75,70

(*) Extraído con cloruro de sodio normal.
 (**) Extraído con Acetato de Amonio normal pH 7.