

# Enmiendas calcáreas de las tierras de labor <sup>(1)</sup>

ING. AGR. MIGUEL DE MEDINA

CATEDRÁTICO DE QUÍMICA DE  
LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

## Los elementos físicos y químicos de la tierra de labor

El suelo arable es el producto del equilibrio de las fuerzas de las dinámicas externa e interna terrestres.

Primeramente la roca originaria sufrió la influencia del vulcanismo: se formaron conos volcánicos con el consiguiente aporte de material heterogéneo sólidos, líquidos y gases. Entre los productos volcánicos se encuentran entre muchos cuerpos, el Si O<sup>2</sup>, el S en varias formas (H<sup>2</sup>S, SO<sup>2</sup>), el Cl, el Al y el Ca.

La acción de estos productos, y la de muchos que será largo enumerar, tendió a modificar la composición inicial de la roca originaria, física y químicamente, con el aporte de cuerpos que se agregaron a los ya existentes, y a provocar reacciones entre el nuevo material y el ya existente.

Pero el vulcanismo ha sido uno solo de los modificadores de la corteza terrestre. Al lado de esas fuerzas internas, hacen sentir su acción los agentes de la dinámica externa: el viento, el agua, los gases de la atmósfera, la nieve, y también, en forma bien sensible por cierto, los seres vivientes y las diferencias de temperatura del suelo y de la atmósfera que lo rodea.

La temperatura oscila diaria y anualmente. Gracias a estas diferencias, la roca, la sólida, se ve sometida a dilataciones y contracciones que, poco a poco provocan su ruptura, y final-

---

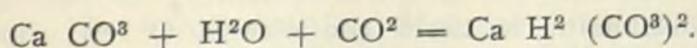
(1) Monografía redactada por el autor en la prueba escrita sorteada en uno de los actos del concurso para proveer en propiedad la Cátedra de Química Agrícola de la Facultad de Agronomía.

mente, su completa destrucción y desmenuzamiento. Esta acción preparatoria la prosigue el viento, agente de erosión y transporte: de esta manera las partículas sólidas son transportadas, golpean contra las paredes rocosas, ayudando a los otros agentes de destrucción y finalmente, cuando la violencia del agente nombrado decrece, las partículas sólidas se depositan, consolidándose.

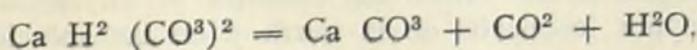
El agua del mar, otro agente destructor de la corteza terrestre, modifica la configuración de las costas, formando las playas, las ensenadas y originando los arenales costeros cuya importancia en cuanto a la modificación de la constitución de los suelos adyacentes se puede señalar con el ejemplo siguiente: En nuestra República, al Sur del departamento de Canelones, la constitución física de los suelos acusa tenores de 800 o/100 de arena gruesa, a distancias superiores a 12 kilómetros de la costa. El peligro de la invasión de las arenas, desde luego serio, ha sido conjurado con las plantaciones forestales.

La nieve modifica, por su acción mecánica, la constitución física de los suelos, los que son "limados" por la acción de los glaciares.

Finalmente el agua de lluvia y los gases de la atmósfera tienen una importancia capital en las modificaciones del suelo. El agua meteórica ha sufrido una destilación natural, pero en su precipitación disuelve algunos cuerpos que se encuentran dentro de la envoltura gaseosa que rodea la tierra ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HNO}_3$ , etc.) y cuando llega al suelo los incorpora a éste modificándolo. La acción del agua pluvial es mecánica, por el choque del agua con el material sólido y química por las reacciones que provoca entre los cuerpos que lleva en suspensión y en solución y la roca o el suelo. Como más adelante lo veremos, es un factor de decalcificación de los suelos de labor. El  $\text{CO}_2$  disuelto en  $\text{H}_2\text{O}$  ataca el  $\text{Ca CO}_3$  formando  $\text{Ca H}^2(\text{CO}_3)^2$  soluble.



La solución bicarbonatada recorre distancias determinadas, tanto mayores cuanto más permeable es el suelo y finalmente se deposita, precipitándose  $\text{Ca CO}_3$  insoluble por la reacción inversa.



El nitrógeno nítrico y amoniacal es otro "consumidor" de calcio. Según el Doctor J. Schröder, en observaciones durante los años 1909-12, cayeron en Montevideo alrededor de 9 kilogramos de nitrógeno por hectárea y por año, término medio.

Ese nitrógeno, al nitrificar, exporta a las capas profundas, según veremos más adelante, cantidades apreciables de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  soluble y no retenible por el suelo, lo que ocasiona pérdidas apreciables de Ca y de N para los suelos.

Finalmente los seres vivientes contribuyen a modificar la constitución mecánica, química y física de los suelos, con el aporte del humus y su ulterior destrucción. Entre los seres vivientes citaremos los animales, las plantas y sobre todo los micro-organismos.

De los resultados de estas acciones se forma el **suelo de labor**, compuesto heterogéneo de materias minerales y orgánicas, estas últimas en estado de descomposición variable.

Se dividieron los componentes físicos de la tierra arable en cuatro categorías: la arena, la arcilla, el calcáreo y el humus. Esta división ha sido objeto de reparos y con fundamento, pues dentro del rubro "arena" se encuentran partículas de grosores variables, desde los términos inmediatos a las gravillas (psefitas) hasta la sílice coloidal, cuya acción es similar a la de la arcilla coloidal.

Por ese motivo, a un suelo compacto no conviene llamarlo implícitamente "arcilloso" sino pelítico (según Naumann y Häüy); el calcáreo se encuentra también en formas diferentes: del calcáreo noduloso hasta las partículas finísimas de  $\text{Ca CO}_3$  y por último el humus, la materia orgánica, de composición complejísima, en diversos estados de descomposición y también de finuras diferentes aún cuando predominan los elementos finísimos.

Químicamente, la tierra contiene Si  $\text{O}_2$  en primera línea, libre y combinado con  $\text{Al}_2 \text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$   $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Mg O}$ ,  $\text{Fe O}$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Además  $\text{P}^2 \text{O}_5$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , N en las formas más diversas, ( $\text{HNO}_3$  es decir sales de este ácido,  $\text{NH}_3$  y N orgánico) carbono, desde luego integrando el núcleo del humus y en forma de  $\text{CO}_2$  circulante por los poros de la tierra y en las soluciones acuo-

sas del suelo : disueltas en éstas encontramos Cl en forma de KCl, Na Cl. Los elementos ennumerados y además el Mn forman los 14 elementos de importancia primordial en la alimentación vegetal. De estos 14, de acuerdo con la teoría mineral de Liebig, hay 4 : N, K, Ca y P, cuya falta o deficiencia repercute en forma sensible en los rendimientos, aunque la proporción de los otros 3 superen en las necesidades de la planta que se estudie.

### Influencia del Ca en la alimentación vegetal

Es lógico suponer que la falta o deficiencia de Ca repercute en el desarrollo de la planta por cuanto es un alimento del organismo vegetal. ¿ Pero es este el único papel desempeñado por este cuerpo en la evolución de la planta ?

Ya Franklin había observado la acción del Ca aplicado en forma de  $\text{Ca SO}_4$  sobre algunas leguminosas. Y, sin embargo, en las cenizas de muchas de esas plantas la cantidad de Ca era bien inferior a la de K. Desde luego, la dominante en las leguminosas es el K y no el Ca, pero, la aplicación de abonos potásicos, es en general, de acción poco sensible, sobre las leguminosas, lo contrario precisamente de lo que era lógico esperar. Desde luego este fenómeno debía tener una explicación, basada en reacciones entre la potasa y la cal.

### La cal es la movilizadora de la potasa

Los análisis químicos de extractos de suelos del país, realizados por el Doctor Schröder y los Ingenieros Puig y Nattino y Aguirre Arregui, dieron como resultado la aplicación de los términos de "tierras suficientemente provistas" y aún ricas en  $\text{K}_2\text{O}$  (Cololó, Bizcocho, departamento de Soriano), pero pobres, en general, en Ca O. En cuanto a la vegetación espontánea hay un gran incremento de las gramíneas sobre las leguminosas (Dr. Schröder, Ing. Montoro Guarch). ¿Cómo se explicará que siendo  $\text{K}_2\text{O}$ , la dominante de las leguminosas, haya cantidades relativamente reducidas de esas plantas?

Según Gustave André, las tierras de labor tienen la propiedad de adsorber y absorber algunos cuerpos y ser indiferentes a otros. Estas acciones son tanto más energías cuanto mayor sea la proporción de cuerpos coloidales, siendo la ad-

sorción una de las principales propiedades de los coloides (Duciaux, Kopacewsky).

El catión  $K^+$  es un catión adsorbible y absorbible; el catión  $Ca^{++}$  y el anión  $NO_3^-$  no lo son, al menos en forma sensible.

Parte de  $K_2O$  de nuestros suelos se halla aún formando parte del compuesto aluminio silícico potásico que forma la roca feldespática. En las plantas leguminosas de raíz profunda este  $K$  sería inaprovechable, si el  $Ca$  no interviniese. Este último, en forma de  $Ca H_2(CO_3)_2$  soluble ataca los fragmentos de roca poco descompuesta formando  $K_2 CO_3$  soluble, directamente asimilable por la planta y absorbible por los coloides del suelo, es decir, retenible.

Del mismo modo, los abonos potásicos son realmente eficaces en presencia del  $Ca CO_3$ . Si se agrega a un suelo  $KCl$ , por ejemplo, este cuerpo soluble, si no es absorbido por las raíces seguiría la circulación si dos factores no interviniesen: la ya nombrada adsorción y absorción y la doble descomposición entre el  $Ca CO_3$  y el  $KCl$ .



Se forma  $K_2 CO_3$  retenible y  $Ca.Cl_2$  no retenible; mientras que el  $K$  está en condiciones de ser absorbido, el  $Cl$  y el  $Ca$ , indiferentes los dos a la adsorción y absorción, se pierden en las aguas de infiltración.

### ⤵ La cal modificadora de la reacción de los suelos

Las tierras de labor presentan reacción ácida, alcalina o neutra.

Las plantas de cultivo tienen exigencias variables en cuanto a la reacción del medio que las rodea.

La alfalfa, por ejemplo, se desarrolla óptimamente en un medio alcalino (8 PH); la cebada cervecera prefiere un medio débilmente ácido (alrededor de 6 PH). Según Stocklasa, la alfalfa (*M. Sativa*) tiene un jugo radicular sumamente ácido (3 PH) (Stocklasa, Boletín del Instituto Internacional de Agricultura, Roma, año 1927). La acumulación de estos ácidos ra-

diculares sería de efectos nocivos al buen desarrollo de la planta, si no hubiera un cuerpo que las neutralizara a medida que se van formando.

La cal es una gran neutralizadora de ácidos ; con su aplicación el PH sube y la leguminosa se encuentra en mejores condiciones de desarrollo.

### La cal movilizadora del ázoe

Los análisis de nuestros suelos de cultivo permiten calificarlos "como suficientemente provistos de este elemento de fertilidad".

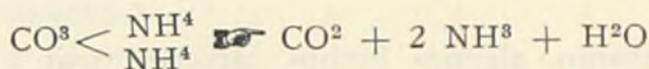
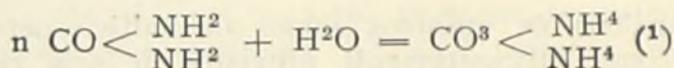
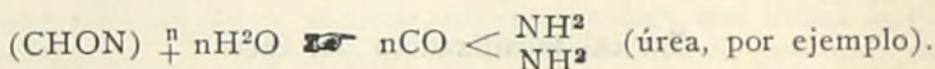
Sin embargo, algunos hechos parecían venir a desmentir esa aseveración. El Dr. Danmann, primer Profesor de Agricultura de nuestra Facultad, en sus experiencias, llegaba a la conclusión de que "nuestros suelos se prestaban mejor al cultivo de la cebada forrajera que al de la cebada cervecera", en virtud de su tenor elevado en N, dejando sentado que la primera de ellas es más exigente en el nombrado elemento que la segunda. Sin embargo, el Dr. Boerger, operando en el Semillero Nacional de La Estanzuela, llegó a distintas conclusiones. Y los dos investigadores probaban con resultados irrefutables su sinceridad científica y descartaban toda probabilidad de error.

Más tarde, la aparente contradicción se aclaró perfectamente. El Dr. Danmann había introducido en sus ensayos la práctica poco corriente en el país de arar profundamente la tierra, mientras que el Dr. Boerger no salía de las normas corrientes de nuestros agricultores : resultado, que en el primer caso la nitrificación era intensa, mientras que en el segundo, las reservas de nitrógeno lentamente se ponían a disposición de la planta.

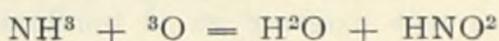
Siendo la mayoría de nuestros suelos pobres en Ca O, es lógico suponer que estén mal provistos de nitrógeno nítrico, directamente asimilable.

En el ejemplo anterior el factor aereación había influido sobre el fenómeno nitrificador. Sabemos que en él influyen, además, la temperatura, la humedad, la presencia naturalmente

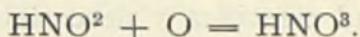
de N. orgánico, la ausencia de nitratos en cantidad apreciable, de soluciones concentradas (esterilizantes) y la reacción del suelo (presencia de una base que neutralice el  $\text{HNO}^3$  a medida que se va formando). En la nitrificación actúan muchos microbios, entre los que citaré los amonizantes, que transforman el ázoe orgánico primero en amidas simples y luego en  $\text{NH}^3$  por hidrólisis :



Detrás de estos microbios (intervienen aquí muchas especies) intervienen los nitrosomonas y los nitrosococcus, gérmenes que oxidan el  $\text{NH}^3$  produciendo  $\text{HNO}^2$ .



y finalmente las nitrobacterias transforman el  $\text{HNO}^2$  en  $\text{HNO}^3$ , fijando O.



Todas estas transformaciones se ven favorecidas amén de los otros factores por la presencia de un cuerpo capaz de neutralizar el  $\text{HNO}^3$  ; el  $\text{Ca CO}^3$  desempeña, pues, este papel.

La presencia de  $\text{Ca CO}^3$  favorece también a algunos gérmenes fijadores de ázoe gaseoso (nodosidades de las leguminosas) que prosperan en medio alcalino.

### La cal y los coloides del suelo

Para corregir los suelos tenaces se pueden aplicar varios procedimientos de modo de procurar la floculación de los coloides (Michäelis) que le comunican sus caracteres de compacidad y apelmazamiento.

(1) Los abonos amoniacales dan, frente al  $\text{Ca CO}^3 (\text{NH}^4)_2 \text{CO}^3$  por ejemplo :  
 $(\text{NH}^4)_2 \text{SO}^4 + \text{Ca CO}^3 = (\text{NH}^4)_2 \text{CO}^3 + \text{Ca SO}^4$

Michäelis en su obra "Pratiques de Physico-Chimie, spécialement de la Chimie des Colloïdes", cita una escala de energía "floculante" de varios iones.

Según la citada obra  $\text{Ca}^{++}$  es más energético que  $\text{K}^{+}$  y  $\text{Na}^{+}$  y, por lo tanto, todo medio que nos procure la entrada del  $\text{Ca}$  en los suelos provocará la disminución de las propiedades de los vulgarmente llamados "suelos arcillosos".

Un ejemplo práctico podemos ver en nuestro país en la formación de bancos o de islas en la boca de los ríos. El material coloidal arrastrado por éstos se deposita cuando sus aguas se juntan con las del mar, en parte por la disminución de la velocidad y en parte por la acción precipitante de los iones que, en cantidad apreciable, contiene el agua del mar. ( $\text{Na}^{+}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^{+}$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Cl}^{-}$ , etc.).

La práctica de encalar los suelos de labor provoca, por ende, la formación de suelos permeables al agua y a los gases y fáciles de trabajar.

### La cal y la mineralización del humus

La cal agregada al suelo acelera la combustión de la materia orgánica. El  $\text{C}$  se oxida dando  $\text{CO}_2$ , el  $\text{H}$  da  $\text{H}_2\text{O}$  y el  $\text{N}$  sufre las transformaciones ya citadas en el capítulo V. Un exceso de  $\text{CaO}$  destruiría completamente todas las reservas orgánicas de un suelo. Chodat, en su tesis titulada "La concentrations des Ions Hydrogene", cita el caso de algunas plantas de turberas que, transportadas a un suelo rico en  $\text{CaO}$  han cambiado su color. La acidez y el exceso de humus provoca la aparición de flores azules y este color se observa en las hortensias. Encalado este suelo las flores cambian su color y pasan a rosa pálido.

La cal al precipitar el coloide húmico y arcilloso, abre los poros de la tierra y provoca una energética aereación, que acelera la oxidación del  $\text{C}$  y del  $\text{H}$ , al par que, químicamente, obra como la cal sodada del análisis orgánico elemental frente a los compuestos orgánicos nitrogenados dando  $\text{NH}_3$ .

### Enmiendas calcáreas aplicables

Como enmiendas calcáreas aplicables se pueden citar la cal en piedra, la cal apagada, el  $\text{CaSO}_4$  y, en cierto modo, puede decirse que actúan como tales los abonos fosfatado-cálcicos.

En algunos países de Europa se aplican, además, la marga, caliza arcillosa. Según Garola, para la aplicación del encalado, se disponen a distancias variables montones de cal hasta que la acción de los agentes atmosféricos los disuelvan y los transforman en  $\text{Ca H}^2(\text{CO}^3)^2$  soluble. De esta manera se incorpora el Ca al suelo. La acción de las labores mezcla ulteriormente el suelo, formando un todo homogéneo.

La marga no se aplica en el país ni sería práctico aplicarlo, en virtud de que, en Francia, país donde se ha hecho uso de esta enmienda se aplica a suelos silíceos, ricos en  $\text{SiO}^2$  libre y pobres en silicatos y en Ca O, cuyo fundamento no es precisamente granítico, sino formado por areniscas o cuarcitas.

El enyesado se ha aplicado con ventajas en algunos países, sobre todo para el cultivo de leguminosas. La importancia de los yacimientos de yeso marca normas para su aplicación económica. Presenta, además, la ventaja de incorporar azufre que la planta aprovecha para la formación del núcleo albuminoide. Ya André ha señalado la presencia de ese azufre orgánico dentro del núcleo complejo del humus.

Los abonos fosfatado-cálcicos (superfosfatos, harinas de huesos, cenizas de huesos) al incorporar CaO a los suelos, aparte de su importancia como introductores de  $\text{P}^2\text{O}^5$  modifican la constitución físico-química de los suelos.

Los abonos orgánicos son otra fuente de enriquecimiento de Ca O, en los suelos, naturalmente, la entrada en línea de este Ca es un poco más lenta, en virtud de necesitar tiempo para la descomposición y mineralización de ese calcio integrante del abono orgánico.

### El encalado y la clorosis

Se ha atribuido a la práctica del encalado el defecto de provocar la clorosis en ciertas plantas.

En realidad, se trata de un defecto indirecto. La cal, en efecto, insolubiliza al Fe, cuya presencia en pequeñas dosis es un estimulante de la actividad de la clorofila aunque la composición de esta última (André, Química Vegetal) nos proporcione vestigios tan solo de hierro y en cambio apreciable cantidad de magnesio.

## El encalado en el Uruguay

La composición físico-química de los suelos y fundamento litológico uruguayo nos presenta un fenómeno sugestivo. El suelo de cultivo es pobre en  $\text{Ca CO}_3$ , de acuerdo con los análisis ya citados (Schröder, Puig, Aguirre, etc.) y en cambio en nuestro suelo encontramos bancos de piedra cal, cuyas aplicaciones constituyen una fuente de riqueza para la economía nacional. Así por ejemplo, la caliza semi-cristalina de General Burgueño ha suministrado en los análisis, porcentajes de 53 y 53,5 % de  $\text{CaO}$ . Los mármoles de Minas han suministrado valores semejantes. En cambio un yacimiento calcáreo en Timote (Departamento de Florida), nos presenta porcentajes de 18 % de  $\text{MgO}$  y alrededor de 30 % de  $\text{CaO}$ .

En Conchillas (Colonia), existen bancos de mármol dolomítico, más rico que el precedente en  $\text{MgO}$ , cuyo contacto con rocas graníticas de aquel lugar, parece sea el origen de los lentes de talco esquistoso que allí se explotan (Walther, Líneas fundamentales de la Geología Nacional).

Además, siguiendo la clasificación de los geólogos rusos, se puede dividir el suelo nacional en cuatro zonas: A, A2, B y C. La primera zona, rica en humus, pobre en nódulos calcáreos; la segunda más rica en nódulos que abundan muchísimo en la tercera zona, el suelo tosco, inactivo, el iluvio. Y por último el fundamento rocoso.

Probablemente el  $\text{CO}_2$  transportado por las aguas pluviales, ya de origen meteórico, ya formando en la combustión del humus ha disuelto el  $\text{Ca CO}_3$  (Cap. I) y su reprecipitación ulterior ha originado la formación de nódulos y concreciones. Esta sería una de las causas de la decalcificación de nuestro suelo.

El nitrógeno y el potasio, por lo dicho anteriormente (Cap. III y V), son otros factores del empobrecimiento de nuestra tierra de labor en  $\text{CaO}$ .

La configuración ondulada y la pluviosidad, intervienen también la decalcificación. El agua que no filtra arrastra hacia el valle  $\text{CaO}$  disuelta, que, llevada por los cursos de agua se pierde en el mar.

Estos y otros factores diversos han provocado un empobrecimiento en cal del suelo y una inmovilización de este elemento en forma de nódulos o bloques rocosos.

### El encalado y el drenaje químico de los suelos

Ciertos suelos laborables presentan graves defectos en cuanto al saneamiento hidráulico. Debido a una escasa permeabilidad y a una inclinación insuficiente, siendo su nivel inferior al de los campos adyacentes, el agua no puede eliminarse, impide que el aire penetre por los poros de la tierra, imposibilitando así, la vida de las plantas; aún más, el campo puede estar permanentemente encharcado. Una enmienda calcárea, permite, al abrir los poros de ese suelo, la eliminación del elemento líquido y pone a la tierra en condiciones de laboreo.

El encalado ha realizado así una acción similar a la de un drenaje, con las ventajas económicas consiguientes. Un caso práctico de suelos inundables, que podrían beneficiarse con la práctica del encalado, he tenido oportunidad de observar en unas muestras de tierra procedentes de un campo propiedad de Don Luis Suárez, sito en las costas del Tala, (Depto. de Canelones). Las muestras analizadas dan los resultados siguientes en cuanto a la acidez:

P. H.

7	5.5	7	6	5.5
6.5	6	6	7	5.5—6

Las mismas muestras dan los resultados expresados a continuación, en lo que respecta al calcio:

3.8	2.3	3.7	2.9	3.5
3.3	3.5	3.0	2.8	3.0

Si se exceptúan los 2 resultados últimos hay una concordancia definida entre el % de la Ca O y el P. H. A todo aumento del tenor en cal corresponde P. H. más elevado y son precisamente estas tierras, las de menor acidez, las que, en menos grados presentan los inconvenientes del exceso de H<sup>2</sup>O, al punto que las 2 primeras tierras prácticamente neutras se utilizan actualmente para el cultivo de los cereales (1 y 2 campos de chacra), mientras que los campos 3 y 9 se consideran por ahora como inútiles para todo cultivo. Los campos inundables son tierras ácidas, probablemente decalcificadas, y si esta decalcificación no ha alcanzado límites exagerados se debe simplemente a la misma compacidad del terreno.

Si se tratase de un suelo psamítico probablemente no alcanzaría a tener 1 0/00 de CaO. Ejemplares de esta naturaleza he podido observar en la zona costanera de los departamentos de Montevideo y Canelones (boca del arroyo Carrasco).

Las muestras analizadas del campo de Canelones dieron los siguientes resultados en el análisis mecánico por el procedimiento Kuhn-Wagner.

	Casquijos	Arena gruesa	Arena fina	Polvo arenoso	Arcilla
1 —	12	10	12	9	57
2 —	16	16	7	12	49
3 —	3	26	22	36	19
4 —	7	18	16	31	28
5 —	16	15	17	16	36
6 —	11	7	8	31	46
7 —	11	8	34	25	22
8 —	3	11	28	26	28
9 —	23	21	5	19	32
10 —	1	11	21	26	51

Como se ve, exceptuando las muestras N.os 9 y 3 que son algo más sueltas, las demás son excesivamente tenaces y poco permeables y son precisamente las tierras 3 y 9 las más sueltas de todas las muestras analizadas, las más ácidas. El calcáreo ha sido eliminado, pues, más rápidamente y pronto esos suelos adquirirán una tenacidad mucho mayor por falta de elemento "floculante". Los defectos actuales se agravarán con el tiempo si no se acude al remedio indicado para estos casos: el encalado.

#### El encalado, la acidez potencial y los ácidos minerales energéticos agregados al suelo

Sabemos en que consisten los fenómenos de adsorción y absorción por los coloides de algunos iones y también que entre los iones absorbibles por los coloides del suelo se encuentran el  $K^+$  y el  $NH_4^+$  en primera línea.

En cambio los iones  $Cl^-$  y  $NO_3^-$  no son prácticamente adsorbibles ni absorbibles.

El ión  $\text{SO}^4$  tampoco es retenido. Sabemos que toda solución salina contiene los iones del ácido y de la base y hay, además, presentes cierta cantidad de iones  $\text{H}^+$  y  $\text{OH}^-$  producidos en la disociación del agua.

Para aclarar ideas tomemos como ejemplo 3 sales empleadas como abono: el  $(\text{NH}^4)^2$ ,  $\text{SO}^4$ , el  $\text{KCl}$  y el  $\text{K}^2\text{SO}^4$

En las tierras abonadas con estos cuerpos encontramos soluciones diluidas en las que se encuentran los iones  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}^4+$  y  $\text{SO}^4=$   $\text{Cl}^-$  y  $\text{OH}^-$ .

En toda solución ácida o alcalina se distinguen la acidez o alcalinidad total, la disociada o activa y la potencial. Esta última es igual a la diferencia entre las otras dos.

Una solución 0.1n de  $\text{HCl}$  tiene un 90 % de la cantidad total de  $\text{HCl}$  disociada. En este caso práctico la acidez total es = 100, la disociada o activa = 90 y la potencial (100 — 90 = 10). Los ácidos fuertes tienen una acidez potencial pequeña y lo contrario pasa con los ácidos débiles. Las tierras ácidas tienen también como las soluciones de Laboratorio, una acidez total, una acidez disociada y una acidez potencial. El procedimiento Comber-Gunther pone de manifiesto la acidez disociada (directamente activa), mientras que el método Merck (del indicador universal) nos suministra la acidez total. Los suelos de acidez total elevada y poca acidez disociada, o en otras palabras, de gran acidez potencial, presentan el fenómeno conocido por el nombre de "hambre de bases".

Los coloides de signo negativo del suelo tienen una tendencia energética a adsorber y a absorber los iones  $\text{K}^+$  y  $\text{NH}^4+$ , quedando sin ser adsorbidos los iones  $\text{Cl}^-$  o  $\text{SO}^4=$  de nuestro ejemplo anterior.

La inmovilidad o fijación de los cationes por los hipotéticos ácidos húmicos o aluminio silícicos, traen como consecuencia la formación de un compuesto potásico o amoniacal de esos ácidos y la liberación de otros tantos iones  $\text{H}^+$ , que vendrían a unirse a los aniones disueltos  $\text{SO}^4=$  y  $\text{Cl}^-$ . Luego el efecto de un abonado con  $\text{K}^2\text{SO}^4$ ,  $(\text{NH}^4)^2\text{SO}^4$  o  $\text{KCl}$  vendría a producir en tierras de gran acidez potencial efectos similares a los que producirá un agregado de  $\text{HCl}$  o  $\text{H}^2\text{SO}^4$  libres al suelo. De comprobarse exactamente esas ideas, desarrolladas sobre

todo por Arrhenius, podríamos afirmar que es una necesidad imperiosa encalar tierras de acidez potencial elevada si queremos abonar esos suelos con  $K^2SO^4$ ,  $KCl$  o  $(NH^4)^2SO^4$ .

Los superfosfatos de cal, ácidos de por sí, si queremos aplicarlos a suelos de acidez potencial elevada, debemos encalar previamente el suelo. En todos esos casos, si no se recurre a la práctica del encalado se correría el riesgo de bajar el p. h. del suelo a cifras tales, que haría imposible el cultivo de muchas especies vegetales; a veces a una esterilización completa por exceso de acidez.

El anión  $NO^3-$  es el menos nocivo de los aniones agregados al suelo en forma de abono, debido a su gran difusibilidad.

---

## CONCLUSIONES GENERALES

Con lo dicho, queda establecida la necesidad de aplicar enmiendas calcáreas a nuestro suelo, corrigiendo así sus deficiencias, en canto a compacidad, impermeabilidad, exceso de acidez de algunos suelos, inmovilización de las reservas nitrogenadas y potásicas y desarrollo de fermentos denitrificantes que prosperan en medio desprovisto de aire.

En resumen, el calcáreo incorpora al suelo el elemento Ca, alimenticio, absorbido en forma de tal como sustancia alimenticia.

---

Nota: La adsorción es un fenómeno físico. En cambio, en los fenómenos de absorción se producen simultáneamente combinaciones mecánicas y químicas, si bien estas últimas no cumplen en todo con las leyes estequiométricas. Un caso típico de estas combinaciones químicas "de absorción" se puede citar a propósito de los humo-fosfatos. El porcentaje de  $P^2 O^5$  obtenido tratando una tierra por el  $HCl$  es siempre menor que el obtenido oxidando previamente esa tierra con la mezcla  $Na^2 CO^3$  y  $KClO^3$ . El fósforo orgánico inatacable por el ácido, pasa así a fósforo mineral soluble en  $HCl$ .

Dinamiza el potasio inactivo poniéndolo a disposición de las plantas de cultivo.

Dinamiza el ázoe, permitiendo que este elemento pueda pasar por las formas orgánica, amoniacal nitrosa, nítrica, para luego cerrar el ciclo, luego de su absorción por la planta.

Corrige la acidez excesiva de los suelos.

Mineraliza la materia orgánica transformándola en  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  y  $\text{NH}_3$ .

Flocula los coloides activos del suelo dando a las tierras así corregidas caracteres de soltura y permeabilidad y, por último, regula la pululación de las especies microbianas del suelo.

## CONCLUSIONES GENERALES

CON la aplicación de este tipo de fertilizantes se logra una mayor disponibilidad de los nutrientes para las plantas, se corrige la acidez de los suelos, se dinamiza el potasio inactivo, se dinamiza el ázoe, se corrige la acidez excesiva de los suelos, se mineraliza la materia orgánica transformándola en  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  y  $\text{NH}_3$ , se floculan los coloides activos del suelo dando a las tierras así corregidas caracteres de soltura y permeabilidad y, por último, se regula la pululación de las especies microbianas del suelo.

La reacción al aplicar este tipo de fertilizantes es de tipo ácido, esto se debe a la presencia de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  en la fórmula.

Nota: La aplicación de este tipo de fertilizantes se debe hacer en forma de riego, esto se debe a que el producto es de tipo ácido y al aplicarlos directamente al suelo se produce una reacción de tipo ácido, esto se debe a la presencia de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  en la fórmula.