

REVISTA

DE LA

FACULTAD DE AGRONOMIA Y VETERINARIA

2^a Época—Año III

Tomo III—Núms. 7, 8 y 9.

Julio, Agosto y Septiembre de 1907

SOBRE ABONOS AZOADOS Y SUS APLICACIONES

De las numerosas sustancias agregadas al suelo con el objeto de fertilizarlo la más antiguamente conocida es, sin duda alguna bajo formas diversas, el estiércol producido por las deyecciones de los animales y también del hombre. Este producto preparado en las granjas con los cuidados requeridos, constituye el abono por excelencia, porque á más del ázoe contiene otras materias reconocidas como indispensables á la vegetación y que es de gran interés restituir las ó aumentar su proporción ya existente en las tierras cultivadas, tales como la potasa y el ácido fosfórico. Además, el estiércol se transforma en los suelos en humus y modifica sus propiedades físicas de una manera altamente favorable á la vegetación.

Durante mucho tiempo el estiércol fué la materia considerada como propia para fecundizar la tierra, pero las necesidades de aumentar la producción cada día más apremiantes, obligaron á los agricultores europeos á buscar en otras sustancias un complemento de elementos de fertilización, puesto que el antiguo abono no les suministraba en cantidades suficientes. De los productos utilizados al efecto, los que proporcionan al suelo el ázoe y llamados por este motivo abonos azoados, siempre han sido considerados como los más

importantes, pues este cuerpo es el más útil á la vegetación y los abonos que lo contienen son los que necesitan mayores sacrificios pecuniarios de parte del agricultor.

Uno de los primeros abonos aplicados con el estiércol fue el polvo de huesos más ó menos frescos que trae al suelo ázoe y ácido fosfórico; luego se aprovecharon varios guanos naturales, formados principalmente por deyecciones y residuos de alimentación de ciertos animales, en particular de aves marinas, acumulados durante siglos en ciertas islas y playas desiertas que contenían, como el polvo de huesos ázoe y ácido fosfórico en proporciones relativas muy variables. Con estos dos productos se podría citar muchos otros de menor importancia, en su mayor parte residuos de ciertas industrias, en los que á la par de los precedentes, se encuentra el ázoe al estado orgánico.

Como es de suponer, las dos principales fuentes de ázoe para la agricultura que acabamos de indicar, no eran inagotables, pues tanto la elaboración de polvo de huesos como la extracción de guano tenían sus límites; por otra parte, el progreso constante de la agricultura conducía fatalmente á la aplicación de cantidades siempre más considerables de materias fertilizantes y especialmente de ázoe, circunstancias que obligaron á recurrir á otros compuestos que los orgánicos para proporcionar á los suelos cantidades suficientes de este valioso elemento de fertilidad.

Numerosos ensayos condujeron á adoptar como abono ázoado ciertas sales á base de amonio, particularmente el sulfato, subproducto de la fabricación del gas de hulla. En 1860 la agricultura en Inglaterra absorbía 9700 toneladas de este producto, y con el desenvolvimiento de la industria del gas de alumbrado, su fabricación pronto se generalizó. Más tarde la preparación del coke destinado á ciertas operaciones metalúrgicas, elaboró cantidades importantes de sulfato de amonio á las que se pueden agregar otras obtenidas por el tratamiento de deyecciones humanas de los grandes

centros de población y por el de varios detritus orgánicos, tales como huesos, lanas, cueros, astas, etc., de descomposición muy lenta en el suelo. Hoy se valúa la producción total de sulfato de amonio en 500 mil toneladas.

Mientras se desarrollaba la industria del sulfato de amonio, se ensayaba como abono otra sustancia mineral que contiene ázoe al estado nítrico, conocido en el comercio con los nombres de nitro cúbico, salitre de Chile y nitrato de sodio del que se descubrieron hácia el año 1830, enormes yacimientos naturales principalmente en el Perú y Chile. En aquella época la exportación del salitre chileno sólo era de 935 toneladas, en 1840 esta cantidad subió á 11300, para alcanzar en 1860, 68000 toneladas destinadas casi exclusivamente á la industria y en particular á la fabricaci6n del ácido nítrico.

Desde la época mencionada datan las primeras aplicaciones del nitro chileno como abono ázoado, siendo los resultados tan satisfactorios que en 1870 la importación del nitro en Europa ya de 182000 toneladas llegó en 1890 á 1.025.000 para alcanzar hoy la cifra de 1.500.000 de un valor de 350.000.000 de francos (1). De esta enorme cantidad de nitratos se calcula que sólo el 20 % es decir 300.000 toneladas entran en la industria de los explosivos y de los productos químicos; el resto ó sean 1.200.000 toneladas lo aprovecha la agricultura.

Para formarse una idea de la cantidad de abonos azoados, á más de los orgánicos actualmente indispensables á la agricultura europea, diremos que esta fué de 1.900.000 toneladas en el año 1905 de las cuales 600.000 corresponden al sulfato de amonio y 1.300.000 al nitrato sódico. De este último, Alemania utilizó el 38 % de la cantidad total, lo que representa 500.000 toneladas valoradas en 125.000.000 de

(1) El *Journal l'Engrais* estima el consumo mundial de salitre para el año 1905. en 1.567.000 toneladas.—Chim. ind. núm. 194. Frevier 1906. Núm. 196 Junio 1906.

francos, de las que sólo el cultivo de la remolacha azucarera absorbió 200.000 toneladas.

Francia, é Inglaterra con Bélgica emplearon respectivamente el 19 y el 10 % de la cantidad total.

No sólo es la vieja Europa quien utiliza el nitrato de sodio como abono, pues en 1900 los Estados Unidos de Norte América importaron 215.000 toneladas, cantidad que subió, en 1905, á 350.000 toneladas destinadas á la agricultura (1).

Como hemos visto, el más importante consumidor de nitratos es Alemania que aventaja en más del doble á Francia colocada inmediatamente después; no sin perjuicio de que á más utilice el 40 % del sulfato de amonio producido, mientras que Francia no usa más que el 10 % del total.

Este enorme consumo de abono azoado obedece á condiciones económicas que hacen preveer fácilmente que no se trata de un máximum, muy al contrario; las exigencias de la agricultura lejos de disminuir, seguirán siempre una marcha ascendente en relación con el aumento constante de la población, del bienestar general y otras circunstancias como el encarecimiento de la obra, etc., que obligan á ser mayores los rendimientos por hectárea. Pero aunque aquellas se limitarán á las cantidades actuales de abonos azoados, es permitido preguntarse, si con las dos grandes fuentes indicadas estamos seguros del porvenir. Si bien en ciertos límites la producción del sulfato de amonio puede aumentar por la aplicación á todos los hornos de coque, de aparatos destinados á recuperar el amoniaco producido por la destilación, cuya proporción ha sido evaluada en 9 kilos de dicha sal por tonelada de hulla (1), no es probable que este aumento no llegue á duplicar la producción actual que elevaría á lo sumo el total á 1.000.000 de toneladas, cantidad que

(1) Chem. Ind. Mars 1906, Pierron. «L'Engrais Azotes». «La Revue». Francis Marre. «L'Azote» (1907).

(1) C. Vincent. Les produits ammoniacaux—Los últimos perfeccionamientos han elevado esta proporción á 15 y 16. «Vax Lindex». «Les sels ammoniacaux». Chimie minerale de Moissan.

no compensaría sino una mínima parte del déficit ocasionado por el agotamiento siempre posible de los yacimientos conocidos de nitrógeno. Como no hay esperanzas de encontrar otros de importancia comparable, se comprende fácilmente como la cuestión del nitrógeno, para la agricultura, haya preocupado al mundo científico y á los economistas, así como á los agricultores é industriales de todos los países.

El nitrógeno, sin embargo, existe en cantidad considerable en la naturaleza; el aire atmosférico, que es la fuente inagotable de este valioso elemento, contiene en cifras redondas 79 % de nitrógeno gaseoso ó sea 77 % en peso; pero bajo esta forma, es imposible utilizarlo directamente como abono: es menester fijarlo al estado de combinación, tarea difícil de realizar industrialmente, pues el precio del producto, así obtenido, ha de ser relativamente elevado. Por otra parte, como se sabe, las afinidades del gas nitrógeno son en general muy poco enérgicas; consideraciones que explican la razón por la cual hayan fallado los esfuerzos realizados durante tanto tiempo para fijar el nitrógeno atmosférico.

Por ahora, gracias al conocimiento exacto de las leyes de termoquímica, de los progresos modernos de la electricidad y en particular del invento del horno eléctrico por el ilustre Moissan, así como de los recursos que cuenta la industria, la agricultura tiene á su disposición dos productos nuevos que encierran nitrógeno, bajo forma asimilable para la planta, extraído directamente del aire por vía electroquímica. En uno de ellos el nitrógeno se halla al estado nítrico, formando nitratos á base de calcio, por razón de economía, reemplazable por sodio ó potasio si fuera más ventajoso.

La transformación del nitrógeno atmosférico en ácido nítrico, tiene como origen las observaciones de Cavendish (1784) según las que, el nitrógeno en el aire puede combinarse con el oxígeno bajo la influencia de descargas eléctricas; formando óxidos que se convierten luego en ácido nitroso y nítrico. Muchos ensayos han sido efectuados después con el objeto de

realizar industrialmente esta especie de combustión de ázoe en el oxígeno, siendo numerosas las tentativas y larga su exposición si tal fuera nuestro objeto (1).

Sólo nos limitaremos á citar los principales procedimientos llevados á la práctica y en primer lugar el de los sabios ingleses Bradley y Lovejoy (1900) aparecido en Norte América en la «Atmosferic Prodnits Co.» no obteniéndose resultados satisfactorios por el elevado costo del producto elaborado. No ocurrió lo propio con el procedimiento de los noruegos Bickeland y Eyde que, después de dos años de tanteos, entró definitivamente en la práctica industrial. En este procedimiento, la combinación del ázoe con el oxígeno se verifica en un horno eléctrico especial, á una temperatura de 3200° bajo la influencia del arco voltaico producido por corrientes alternativas de 5000 volts distribuido en forma de disco—cuyo diámetro alcanza á dos metros—mediante la acción de poderosos electroimanes. En el interior de ese disco incandescente se producen una serie de descargas oscilantes, provocando la combinación del ázoe con el oxígeno suministrado por una corriente de aire; pero á la temperatura elevada la mezcla gaseosa, el compuesto formado (bióxido de ázoe) no es estable, pues tiende á volver á sus elementos primitivos. Para evitar esta retrogradación, es menester rebajar rápidamente á 500° la temperatura de la masa gaseosa, lo que se consigue por una corriente fuerte de aire frío; luego los gases se refrigeran progresivamente hasta 50° en aparatos adecuados y dispuestos de tal modo que una parte del calor se utilice para la producción de vapor y á la concentración de líquidos (2).

A la temperatura de 50° el bióxido de ázoe formado puede transformarse en ácido nítrico por oxidaciones al contacto del aire y del agua. Una parte de este producto, purificado

(1) Ver An. de la Science Agronomique, Louis Grandeau. «La Production électrique de l'acide nitrique», 1906.

(2) Revue Gen. des Sciences, M. Ph. H. Guye. «La fixation de l'azote et l'électrochimie». Janvier 1906.

y concentrado, pasa directamente al comercio y la otra, absorbida por una lechada de cal, forma nitrato de calcio destinado á la agricultura.

En dichas condiciones, el 5 y hasta el 5,4 % del volúmen del aire se transforma en ácido nítrico puro, del que se aprovecha 95 %.

Tales son á grandes rasgos los resultados obtenidos en los establecimientos de Nottoden Tinfos (Noruega), en los cuales la fuerza motriz está suministrada por una caída de agua de 2500 caballos. Este año funcionará otra fábrica en Svaelgfos Nottoden con una energía hidráulica de 30.000 caballos y de aquí en poco tiempo, otras que utilizarán las caídas de Boilfes, Rjukan y Vamma, cuyas energías se calculan respectivamente en 23.500, 202.500 y 36.500 caballos, lo que hace un total aproximado á 300.000 caballos que la Sociedad Noruega podía aprovechar para la fabricación del ácido nítrico y del nitrato de calcio.

La primera usina instalada en Nottoden Tinfos, elaboró por vía electroquímica, desde el mes de Mayo de 1905, 730.000 kilos de ácido nítrico por año (calculado en ácido monohidratado) (1).

El nitrato de calcio se obtiene al estado de solución que, concentrada debidamente da por enfriamiento una masa dura fácil de pulverizar; contiene de 13 á 13,5 % de ázoe. Se prepara también nitrato en pequeños cristales, separados del agua madre por centrifugación. Finalmente se entrega al comercio un nitrato, llamado básico, pulverizado que contiene un exceso de cal con un tenor de 10 % de ázoe.

En las torres de absorción en que se combina el ácido nítrico con la cal, se forman también nitritos separables de los nitratos por un tratamiento especial. Según los ensayos de Grandeau y Th. Schloesing, esta operación sería inútil, pues el nitrito de cal actúa en el suelo como el nitrato (2);

(1) Louis Grandeau. Artículo ya citado.

(2) Nitrates et Nitrites. Th. Schloesing 1906.

por lo tanto se podría entregar á la agricultura una mezcla de las sales mencionadas rica en 14 ó 15 % de ázoe, reduciéndose así los gastos de fabricación.

En Europa, en las condiciones actuales, el precio del ázoe en el nitrato de calcio, obtenido por el procedimiento Birkland y de Eyde, es de 1 fr. 25; en cambio los del nitrato chileno y sulfato de amónio son respectivamente de 1 fr. 71 y fr. 44.

A más del nitrato, obtenido por los medios mencionados, la agricultura posee otra sustancia de gran importancia, para cuya elaboración intervienen también el arco eléctrico y energías considerables.

Hace unos doce años en los comienzos de la industria del carburo de calcio, consecuencia de los trabajos de Moissan y Wilson, se esperaba utilizar este producto casi exclusivamente para la generación de gas destinado al alumbrado en la misma época el profesor Franck de Berlin, al buscar el medio para fijar el ázoe atmosférico, con el objeto de fabricar cianuros, recurrió al carburo citado y de sus estudios realizados en colaboración con el doctor Caro, resultaron varias patentes sacadas en 1895—sobre la fijación del ázoe por los carburos de calcio y de bário y tierras alcalinas—explotadas por la Cyanamid Gesellschaft.

En el año 1900, después de muchos tanteos, Franck y Caro conjuntamente con Pfleyer, llegaron á la elaboración industrial de un nuevo compuesto llamado por ellos calcianamida, que puede servir como abono azoado y también para la fabricación del amoníaco; este por combustión suministra ácido nítrico.

La calcianamida se forma, haciendo llegar una corriente de aire exenta de oxígeno sobre carburo de calcio mantenido en fusión en un horno eléctrico; á la temperatura de 2500° el gas ázoe se fija sobre dicho cuerpo originando el producto referido algo impuro—pues se halla mezclado con carbono—y conteniendo de 20 á 21 % de ázoe.

La desoxigenación del aire se obtiene por los métodos clásicos; por ejemplo, haciéndolo pasar sobre calentado al rojo que se oxida, regenerando luego el metal. Se ha usado también para reemplazar al cobre, otros cuerpos fácilmente oxidables como sales ferrosas y cuprosas. Ultimamente se ha introducido una modificación, considerada como un perfeccionamiento, en la obtención del gas ázoe exento de oxígeno: consiste en separarlo del aire líquido por destilación fraccionada.

Dos usinas importantes elaboran actualmente la calcianamida. Una en Alemania (Sociedad General de cianamida y de sus derivados) y otra instalada en Italia (Sociedad Italiana para la fabricación de los productos azoados situada en Piano d'Orte en los Abruzzos (Chieti) Valle de la Pescara (1).

En vista de los halagüeños resultados obtenidos, esta sociedad proyecta otra instalación en Fiume utilizando como fuente de energía las grandes caídas de la Pescara. Al mismo tiempo la casa matriz alemana, estudia la creación de otras usinas en Francia, España, Suiza y Noruega en los puntos provistos de energía hidráulica fácil de aprovechar y de costo reducido.

La calcianamida, llamada más sencillamente por L. Grandeau cal-azoadada, se entrega á la agricultura bajo la forma de un polvo muy fino, de color gris que encierra á más del ázoe en la proporción indicada, 40 á 41 % de cal y 17 á 18 % de carbón; en Europa el precio del ázoe en este producto es de 1 fr. 43 inferior, como se ve, al del nitrato sódico que es de 1 fr. 73.

Existe en las sustancias vegetales y animales en vía de descomposición en la superficie de la tierra, cantidades considerables de materias azoadas, cuyo ázoe, procedente también de la atmósfera pero indirectamente, vuelve á veces

(1) Bul. Ass. de Chim. Junio 1907.

á ella al estado gaseoso ó se combina formando amoníaco, que se convierte luego en ácido nítrico y nitratos: fenómeno conocido bajo el nombre de nitrificación.

Hasta 1873 se consideraba la nitrificación como un fenómeno químico, pero en esa época Müller, el primero, emitió la opinión de que dicho fenómeno podía muy bien atribuirse á acciones vitales, punto confirmado después por los trabajos de Th. Schloësing (padre) y A. Müntz. Estos sábios demostraron á más, que las mejores condiciones de la nitrificación son; la presencia del oxígeno, de una materia orgánica azoada, de una base (carbonato de cal) y de un fermento específico aislado, hace unos doce años, por Winograski y estudiado luego por él, Omelianski, Boulanger y Massol, etc. La evolución de este microbio exige una cierta cantidad de humedad y en ella influye la temperatura, pues á 5° la nitrificación es casi nula pero muy activa entre 32° y 35°. Este fenómeno de la nitrificación que desempeña en la naturaleza un rol importantísimo y preponderante en la nutrición de las plantas, como lo veremos más adelante, ha tenido varias aplicaciones industriales como ser, la creación de nitreras artificiales y la purificación de las aguas de cloacas de varios centros de población.

En el mes de Junio de 1906 el profesor A. Müntz en colaboración con E. Lainé presentaron á la Academia de Ciencias de Francia, un notable estudio demostrando que las turbas, existentes en ciertas regiones formando inmensos yacimientos, convenientemente divididas, mezcladas con calcáreo, debidamente provistas de fermentos nítricos y adicionados luego de una solución de sulfato de amónio, constituyen una nitrera de extraordinaria actividad, mil veces superior á la de las nitreras artificiales conocidas. Un metro cúbico de turba preparada en las condiciones por ellos indicadas y á 30° de temperatura produce la enorme cantidad de 8 kilos de nitro en 24 horas.

Estos resultados de importancia considerable para la in-

dustria, son sin embargo, de un interés secundario para la agricultura. En efecto dichas nitreras, no constituyen una fuente nueva de ázoe, puesto que el sulfato que en ellas se transforma en nitratos puede ser utilizado directamente como abono; siendo muy escasa la proporción del ázoe inerte de la turba que interviene en la nitrificación; pero los estudios del eminente químico y de su colaborador no se limitan únicamente á lo que antecede; han demostrado, á más, que al someter la turba á una destilación con una corriente de vapor sobrecalentado, se consigue extraer al estado de amoníaco, la totalidad del ázoe que contiene, de donde resulta la elaboración posible y económica de cantidades enormes de sulfato de amonio (1) aprovechables directamente por la agricultura ó transformables en nitratos.

Se ve que, en esta forma, la explotación de las turberas vendría á aumentar notablemente la cantidad de ázoe aprovechable por la agricultura, pero sin contar con ella, la fabricación de abonos azoados con el aire podría indefinidamente proveerla de este elemento indispensable de nutrición, si se consideran las cantidades enormes de energía hidroeléctrica disponibles en la naturaleza y utilizables. Por otra parte, estamos en el principio de una nueva industria que no tardará seguramente en perfeccionarse, ensachando cada día más su campo de acción, que como se ve, es ilimitado.

Ciertos autores hacen notar que los yacimientos de nitro, conocidos actualmente, son inmensos y que por consiguiente la alarma que su agotamiento podría provocar no es fundada ó á lo sumo prematura. Sin embargo según las apreciaciones de sir Williams Crookes, tomando como base de aproximación la cantidad de nitro absorbida actualmente por la industria y la agricultura, estas reservas no durarían más

(1) La riqueza de la turba oscila entre 1 y 2 1/2 % que corresponde, en cifras redondas por tonelada, á 5 ó á 10 kilos de sulfato de amonio á 21, 30 % de ázoe; á más, se obtiene como subproducto alquitrán, alcohol metílico y un gas combustible muy vecino del metano.

de veinte años; además el precio de este producto ha seguido siempre una marcha ascendente pasando, en estos últimos años, de 18 francos los 100 kilos y llegando á 25 y hasta 27.

¿A qué obedece esta alza? se preguntan estos autores, sino á una demanda superior á la oferta y á gastos de preparación más elevados por las dificultades actuales de explotación, debidos al agotamiento de los yacimientos más ricos y mejor situados.

De cualquier modo, el interés general es el que la agricultura tenga asegurado en lo presente y en lo porvenir, las cantidades de materias fertilizantes que necesitan sus constantes progresos y no está demás que entre sus proveedores se establezca una competencia tanto más útil y deseable cuanto que es uno de los medios de conseguir los productos en buenas condiciones de elaboración y de precio. Los agricultores sabrán aprovechar estas ventajas que redundarán en beneficio de todos, puesto que de la prosperidad de la agricultura depende el bienestar de los pueblos.

Diremos ahora algunas palabras respecto á la forma de obrar en los suelos los productos que acabamos de estudiar.

Tal como se encuentra combinado en los abonos orgánicos, el ázoe no es utilizable por las plantas, pero incorporados á la tierra, la materia azoada sufre una serie de transformaciones de las cuales resulta en primer término, un compuesto mineral, el amoníaco; á su vez, este se destruye, originando otra combinación, el ácido nitroso que pasa en general rápidamente al estado nítrico. Es solo bajo esta última forma, que las plantas pueden, con sus raíces, absorber el ázoe para utilizarlo en la elaboración de sus tejidos. Así es que, el ázoe orgánico debe pasar al estado mineral para servir á la naturaleza de las plantas y en esto, los vegetales difieren esencialmente de los animales que no pueden utilizar sino el orgánico.

Las transformaciones sucesivas que sufre el ázoe orgánico para pasar á mineral (nitrificación), se verifican por la ac-

ción de microorganismos que pululan en los suelos cultivados y el fenómeno es tanto más intenso y rápido cuanto que la tierra es más permeable al aire

Sabido es que ciertos productos resultantes de la vida de los microbios ejercen sobre ellos una influencia nociva que entorpece su acción, de suerte que á medida que el medio se enriquece de estos productos, la intensidad de los fenómenos originados por los microorganismos disminuye gradualmente al extremo de llegar á ser nula; es lo que sucedería para la nitrificación en los suelos si el ácido nitroso y nítrico no encontrasen elementos para combinarse á medida de su elaboración; de las sales que resultan nitritos y nitratos á base de soda, potasa y principalmente de cal, las plantas sacan el ázoe necesario para su vegetación. .

De estas consideraciones se desprende que los suelos livianos, bien provistos de calcáreo, son las más favorables á la nitrificación; después vendrían los llamados francos, de consistencia mediana, que son las mejores tierras de cultivo; en seguida los algo fuertes, un poco más compactos que los precedentes, y en último lugar los fuertes, poco permeables; en estos frecuentemente la nitrificación es muy lenta por falta de oxígeno.

Los trabajos de cultivo, sobre todo, en las tierras del último grupo, tienen una influencia muy marcada sobre el fenómeno que nos ocupa, porque los suelos bien mullidos dejan penetrar fácilmente el aire, circunstancia, como sabemos, favorable en alto grado á la acción de los microbios nitrificadores.

En la aplicación de los abonos es necesario tener presente dos causas posibles que ocasionan pérdidas de ázoe. La primera, más importante que la segunda, se verifica por el arrastramiento de los nitratos por las aguas de lluvia, pues el curioso poder absorbente de los suelos no se manifiesta para aquellas sales. Estas pérdidas serán mucho más importantes en los suelos livianos muy permeables, que en los

más consistentes y como en los primeros, la nitrificación es en general demasiado activa, los nitratos formados en mayor cantidad que la necesaria á la vegetación se acumulan, siendo por consiguiente más expuestos que en los otros suelos al arrastre de las aguas. Por esto se dice en la práctica agrícola, que los suelos livianos devoran los abonos azoados orgánicos.

La otra causa de pérdida, se debe á la existencia de ciertos microbios cuya función consiste en destruir los nitratos transformándolos en nitritos ú otros compuestos oxigenados del ázoe y á veces en amoniaco. Las pérdidas ocasionadas, por los microorganismos mencionados, muy exageradas en un principio, merecen sin embargo la atención del agricultor. Las circunstancias que favorecen la acción de dichos microbios, llamados denitrificadores, son principalmente la presencia en el suelo de grandes cantidades de materias orgánicas y de nitratos á la vez que un exceso de humedad, lo que ocurre frecuentemente en las tierras fuertes y poco permeables.

Hemos visto que en los suelos, el ázoe orgánico para ser utilizable por la planta, tiene que nitrificarse y que el primer grado de transformación origina amoniaco; si en lugar de materias orgánicas nitrogenadas se agrega al suelo sulfato de amonio, este compuesto encontrándose en presencia de carbonato de calcio se descompondrá formando yeso, y el amoniaco puesto en libertad, irá á condensarse en las partículas húmedas de la tierra en donde sufrirá, como en el caso precedente, el fenómeno de la nitrificación. Si el suelo es rico en bases como soda, potasa y principalmente carbonato de cal, la descomposición del sulfato se hará rápidamente y no habrá á pesar de ello que temer pérdidas de consideración, porque el poder absorbente de la tierra basta, por lo general, para retener el amoniaco (1); este fe-

(1) Las pérdidas de amoniaco pueden ser sensibles en las tierras muy livianas, calcáreas y poco húmedas.

nómeno es tanto más enérgico y completo cuanto mayor sea, en el suelo, la proporción de arcilla y de humus. Si la descomposición del sulfato de amonio es parcial por falta de bases, en particular, de calcáreo y si el suelo es liviano y permeable, una cantidad más ó menos importante de la parte intacta podrá ser arrastrada por las aguas, como ser los nitratos, ocasionando ciertas pérdidas de materias fertilizante.

El sulfato de amonio trae á los suelos el ázoe en un estado fácilmente transformable en ácido nítrico; por esto su acción es mucho más rápida que la de los abonos orgánicos, pero menos intensa que la de los nitratos puesto que á este último estado, el ázoe es directamente asimilable por las plantas.

Las aplicaciones de nitratos deben hacerse en un tiempo oportuno, teniendo en cuenta sus efectos rápidos y su posible arrastre por las lluvias; no es el abono preferido para las tierras livianas expuestas á lluvias fuertes ó sometidas al régimen de los riegos.

El nitrato de calcio industrial obra en los suelos como el que se forma en el fenómeno natural de la nitrificación. Hace ya años que eminentes agrónomos como Einhoff, H. Knopp de Munich, Hellreigel, han demostrado el valor de este compuesto como abono. Ensayos recientes efectuados en la Escuela de Agricultura de Christiania y en la Estación Agronómica de Darmstad, han evidenciado la equivalencia nutritiva en dosis iguales de ázoe, del nitrato de calcio y del salitre chileno, de manera que se puede considerar estos dos abonos como gozando de las mismas cualidades y defectos.

Queremos llamar la atención especialmente sobre el otro compuesto rico en nitrógeno, elaborado en la industria con el aire, es decir, la cal nitrogenada ó calcinamida; su riqueza en cal lo recomienda particularmente para suelos pobres en calcáreo, como es el caso de la gran mayoría de las tierras

arables de este país. Los miles de análisis de suelos y subsuelos, practicados en el Laboratorio de Química del Ministerio de Agricultura, bajo mi dirección, demuestran perentoriamente esta escasez de cal que hemos señalado en varias ocasiones; sin embargo, sería muy erróneo deducir de estas observaciones que esos suelos no reúnen las condiciones de alcalinidad indispensables para la nitrificación, fenómeno de que depende, como vemos, la vida de los vegetales.

En efecto, salvo raras excepciones, las muestras de tierra examinadas presentan una reacción débilmente alcalina, favorable á la nitrificación, debido no sólo á la presencia de bicarbonato de calcio, sino también á la de otros cuerpos como ser potasa y soda procedentes de la descomposición de silicatos básicos, hecho que evidenciamos al tratar de explicar la presencia tan frecuente de carbonato sódico en las aguas subterráneas del país (1). No es dudoso que en numerosos casos la potasa y la soda reemplacen al calcáreo en la saturación del ácido nítrico producido en los suelos, pero de todos modos la incorporación de una cierta cantidad de cal en las tierras pobres en este producto, produciría seguramente excelentes efectos, no tan sólo por su intervención posible en el fenómeno de la nitrificación, sino también por su acción sobre las propiedades físicas de aquellas; pues la cal coagula la arcilla y coopera eficazmente á mantener los suelos mullidos y permeables.

El ázoe de la cal nitrogenada es soluble en agua, pero se insolubiliza inmediatamente en el suelo y este cambio es tan rápido, según observaciones del profesor Menozzi de Milán, que las pérdidas por arrastramiento debido á las lluvias, son imposibles, salvo el caso muy excepcional de una lluvia muy abundante y duradera, inmediatamente de su incorporación á la tierra. Aunque improbables y de cualquier modo de

(1) Ver Contribución al estudio de los suelos de la República Argentina, tomo I y II y Contribución al estudio de la composición de las aguas superficiales y subterráneas de la República Argentina. Anales del Ministerio de Agricultura.

poca importancia, este inconveniente puede evitarse tomando la precaución de mezclar la calcianamida con dos ó tres veces su peso de tierra débilmente húmeda, diez ó doce días antes de su aplicación, manteniendo la mezcla al abrigo del agua.

Las mejores épocas para aplicar la calcianamida serían, por ejemplo para el trigo, 15 ó 20 días antes de la siembra, mezclándola con el arado ó la rastra á una profundidad de 10 á 12 cm.

En las tierras pobres en ázoe se puede dividir la dosis en dos partes, incorporando una antes de la siembra y agregando la otra en cubierta en la primavera. Los ensayos del profesor Menozzi, Zago de Placencia, Fanelli de Brescia y de muchos experimentadores demostraron que aplicada antes de la siembra, la cal nitrogenada actúa como el sulfato de amonio y en cubierta como el nitrato sódico (1). La asimilación del ázoe de este producto, se verifica en un tiempo que parece intermediario entre el necesario para el sulfato de amonio y el empleado por los nitratos. En el cultivo de la remolacha azucarera la calcianamida ha dado resultados muy satisfactorios á veces superiores á los obtenidos con el nitrato chileno.

Dada la naturaleza de las tierras cultivadas del país, opino que la cal nitrogenada en muchos casos produciría excelentes efectos y merece estudios prácticos tanto más indicados, cuanto que el precio del ázoe en este abono, tiende ya en bajar; pues varios autores afirman que de aquí á poco se lo pagará menos de 1 fr.

Existe otro medio conocido, desde hace mucho tiempo, para enriquecer las tierras arables; consiste en cultivar sobre la superficie que se quiere abonar, una leguminosa de crecimiento rápido y de abundante follaje para mezclarla con

(1) En cubierta la calcianamida á veces quema un poco las hojas jóvenes, pero este efecto desaparece rápidamente y unos 12 á 15 días después de su aplicación, las plantas crecen con vigor debido á la acción del abono.

el suelo por medio del arado; es lo que se llama abono verde. Su uso muy generalizado en una cierta época, ha perdido mucho de su importancia sobre todo en los países de cultivo intensivo, debido á varias causas y especialmente al tiempo que la planta ocupa el suelo; pero no es un inconveniente serio en las regiones agrícolas menos adelantadas, y creo su aplicación muy recomendable en las que —como aquí— las estercoladuras son desconocidas á más de aumentar en los suelos la proporción de ázoe, el abono verde trae una cantidad importante de materias orgánicas que al descomponerse, producen humus y mejoran notablemente sus condiciones de consistencia y permeabilidad, reemplazando hasta cierto punto, el estiércol.

Parece que hoy se manifestaría una tendencia en volver á dar al abono verde el lugar que le corresponde en la práctica agrícola en los países de cultivo extensivo; por lo menos es lo que se desprende de los últimos ensayos hechos en los Estados Unidos de Norte América (1).

El enriquecimiento del suelo en ázoe por las leguminosas, aunque admitido hace tiempo, no había sido explicado satisfactoriamente antes de los trabajos de Hellriegel y Wilfarth en Alemania, Th. Schloësing (hijo) y Laurent habían demostrado, que las leguminosas cultivadas en un suelo artificial completamente desprovisto de ázoe, pueden crecer y desarrollarse extrayendo del aire este elemento indispensable para la formación de los tejidos. En sus estudios Hellriegel y Wilfarth evidenciaron en este fenómeno de asimilación la intervención directa de ciertos microbios que viven en simbiosis con las leguminosas; la fijación del ázoe se verifica siempre que aquellos tengan á su disposición, como fuente de energía, hidratos de carbono que en este caso son suministrados por las plantas, la cual recibe en cambio, como consecuencia de la vida de dichos microorganismos, el ázoe atmosférico en una forma asimilable.

(1) Milton-Witny. «La Fertilité du Sol», 1907.

Los microbios fijadores del ázoe están en los suelos y penetran en las raicillas de las plantas por los pelos radiculares, originando luego pequeñas nudosidades, perfectamente visibles, por las que se efectúa la fijación del ázoe.

Las plantas sembradas para abono verde son: tréboles, lupino, ciertas variedades de habas, arvejas y porotos. En los Estados Unidos de Norte América se recomienda al efecto, el cow-pea (arvejas de las vacas) y el clay cow-pea especie de pequeños porotos muy vigorosos y de desarrollo rápido. Cuando las plantas están por florecer, se las entierra con el arado ó mejor se las siega, extediéndolas luego como si fuera estiércol.

El abono verde contiene particularmente en las tierras livianas y francas, en las que la descomposición es activa; es recomendable en muchos casos espolvorear con cal, las plantas cortadas antes de pasarles el arado para evitar un cierto grado de acidez que á veces se manifiesta, por exceso de materias orgánicas en las tierras poco calcáreas.

Si la planta está bien elegida, según el clima y la naturaleza del suelo, y sembrada en tiempo oportuno, el abono verde trae el suelo una cantidad de ázoe comparable á la de una buena estercoladura.

Buenos Aires, Octubre 1° de 1907.

PABLO LAVENIR.

Ingeniero agrónomo
ex profesor de la Universidad de La Plata.
