

todas las sustancias calcáreas, deben ser repartidos sobre tierras no mojadas, y enterrados á poca profundidad y en buen tiempo.

La dosis media es de 200 hectolitros por hectárea, que equivalen á 40 de cal.

Por razones económicas sólo conviene emplearlos cerca de las poblaciones, pues su transporte resulta caro.

**Faluns ó calizas conchíferas.**—Con el nombre de *faluns* se conocen los depósitos marinos, muy ricos en conchas fósiles, que se hallan en los bordes del mar ó en el interior de las tierras. Estos depósitos pertenecen al terreno terciario y se encuentran en el mioceno superior.

Contienen de 60 á 75 por 100 de carbonato de cal, y además arenas, arcilla y fosfatos en cantidad variable. Como están formados esencialmente de caliza, se utilizan en sustitución de la cal y de la marga. Convienen especialmente á las tierras fuertemente arcillosas. Se los reparte en dosis de 10 á 60 metros cúbicos por hectárea, según la naturaleza de las tierras; también se emplean mezclados al estiércol.

**Arenas conchíferas.**—Las arenas de mar, más ó menos finas, mezcladas con partículas de arcillas micáceas y restos de crustáceos, madréporas, conchas, etc., arrastrados, desgastados y triturados por el movimiento incesante de las olas, que concluyen por depositarlos en los puntos en que la mar está ordinariamente en calma, como las bahías poco profundas que se forman en la desembocadura de los ríos, se emplean para el encalado de las tierras fuertes, frías y húmedas. De la misma manera se emplea la arena basta mezclada con gruesos restos de conchas que se encuentra en las costas marítimas. Tanto las unas como las otras se emplean también mezcladas á los abonos animales y vegetales.

Estas arenas no deben ser empleadas inmediatamente después de su extracción, pues la experiencia ha demostrado que en estas circunstancias son perjudiciales á la vegetación. Tampoco deben permanecer mucho tiempo expuestas á las influencias atmosféricas, porque pierden gran parte de su energía.

**El polvo calizo de las carreteras** y demás sustancias que contengan en regular proporción el elemento calcáreo, pueden servir para proporcionar á las tierras el expresado elemento.

V.—*Abonos estimulantes.*

Con el nombre de abonos minerales estimulantes se comprenden las sustancias de naturaleza inorgánica que no sirven *directamente* de alimento á la planta, pero que contribuyen á la alimentación del vegetal poniendo á su disposición, en condiciones de ser absorbidos, materiales nutritivos existentes en el suelo. En este grupo de abonos se deben incluir el *yeso* y la *sal común*.

**Yeso.**—El yeso está constituido por el sulfato de cal hidratado, mezclado con diferentes sustancias térreas que lo impurifican. El sulfato de cal se halla en la naturaleza bajo dos formas mineralógicas bien distintas: la una es anhidra, dura, compacta y poco abundante; la otra es hidratada, cristalizada y blanda. Esta última especie es la que constituye el yeso y la única que se emplea en agricultura; forma extensos depósitos en las capas superiores de los terrenos de sedimento.

El yeso comenzó á usarse como abono desde mediados del siglo pasado, en virtud de las curiosas experiencias de Mayer; su uso está hoy generalizado.

Diversas opiniones se han emitido para explicar la manera de obrar del yeso sobre la vegetación.

Muchos agricultores creen todavía que los buenos efectos del yeso son debidos á que se apodera de la humedad del aire, ó á que favorece la putrefacción de las sustancias orgánicas y la descomposición de los abonos. Estas opiniones son erróneas por completo; el yeso no posee ninguna de estas dos propiedades.

Davy ha supuesto que el yeso era absorbido como un verdadero alimento, penetrando en el interior de los vegetales tal como se encuentra en la naturaleza. Pero si esto fuera cierto, al hacer el análisis de las plantas enyesadas, se debería hallar el ácido sulfúrico y la cal en la proporción en que se encuentran en el yeso. Lejos de ser así, los análisis de Boussingault y de Gasparín demuestran que en las cenizas vegetales la cal predomina extraordinariamente, mientras que el ácido sulfúrico no se encuentra más que en muy débil proporción; y lo que es más curioso, que no hay más ácido sulfúrico en las cenizas de un trébol enyesado que en las de los tréboles sin enyesar.

Liebig había admitido que el yeso fijaba el carbonato de amoníaco de las aguas de lluvia, transformándolo en sulfato de amoníaco, sal mucho menos volátil y que no podría desprenderse cuando el suelo fuera desecado por los fuertes calores. De modo que, según Liebig, el yeso tendría por efecto poner el nitrógeno á disposición de las plantas. Desgraciadamente para esta teoría, las plantas leguminosas, á las cuales aprovecha notablemente el yeso, son casi insensibles á la acción de los abonos nitrogenados; mientras que, por otra parte, el empleo del yeso no resulta beneficioso para los cereales y otros cultivos á los que convienen los abonos nitrogenados.

El Dr. Sacc pretende destruir esta objeción. Según él, la acción útil del yeso sobre ciertas plantas, tales como la alfalfa y el trébol, mientras que es nula sobre casi todas las otras, depende de la diferente manera como las plantas dan sombra al suelo. Aquellas cuyas hojas cubren la tierra, mantienen la humedad, y en estas condiciones, el sulfato cálcico transforma el carbonato de amoníaco que se desprende de los abonos en sulfato de amoníaco, que es retenido por el suelo y utilizado por las plantas. Cuando las hojas no cubren el suelo para impedir que se deseque, el yeso no retiene el carbonato amónico, que se escapa y se pierde en el aire; entonces el yeso no tiene ninguna acción, como sucede en los cereales y otras plantas semejantes. Lo que parece probar, dice el Dr. Sacc, que la acción del yeso es realmente debida á que retiene el amoníaco del suelo, es que se obtiene el mismo efecto sustituyendo el sulfato de cal por el ferroso, ó por el ácido sulfúrico muy diluído en agua.

Boussingault cree que el yeso obra principalmente por la cal que contiene; pero esto no es creíble, porque el yeso produce buenos efectos sobre los terrenos calcáreos.

Según Kuhlmann, el yeso se descompone por la influencia de las materias orgánicas del suelo, á las cuales cede su oxígeno para que se transformen en nitratos; el sulfuro de calcio procedente de esta reducción no tarda en absorber el oxígeno del aire para volver á pasar al estado de sulfato, que será otra vez descompuesto, y así sucesivamente; de modo que el yeso sería el agente intermediario de la nitrificación. Las experiencias de Dehérain han probado que esta explicación del papel del yeso no tiene fundamento, puesto que no hay ninguna traza de ácido ní-

trico formado bajo la influencia del enyesado. Esta operación no favorece tampoco la formación del amoníaco, según el mismo químico. Por otra parte, si el yeso favoreciese la nitrificación, obraría mejor sobre los cereales que sobre las leguminosas.

Otros químicos dicen que el yeso es necesario, porque, descompuesto por las materias orgánicas del suelo y reducido al estado de sulfuro de calcio, da lugar, por la reacción del ácido carbónico del aire, á un desprendimiento de hidrógeno sulfurado que las plantas absorben, y descompuesto en los tejidos vegetales suministra el azufre necesario para la producción de la *legumina*, materia albuminóidea de las leguminosas. Esta absorción directa de hidrógeno sulfurado parece poco probable, porque este compuesto, sea al estado gaseoso, sea en disolución, ejerce una marcada acción tóxica sobre la raíz y las hojas, y lo mismo sucede con un sulfuro alcalino disuelto. Además, si la legumina contiene azufre, también le contiene casi en la misma proporción el *gluten* de los cereales, y en este caso no se explicaría la diferencia de acción del yeso sobre las plantas que producen estos dos principios inmediatos casi igualmente sulfurados.

Ninguna de las opiniones que acabamos de exponer explica, como se ve, satisfactoriamente la acción del yeso sobre la vegetación. En este estado se hallaba la cuestión cuando Dehérain comenzó, en 1863, una serie de investigaciones que condujeron á la verdadera solución del problema, á saber: que el yeso favorece la difusión de la potasa en las tierras de cultivo.

Se sabe, en efecto, que los abonos potásicos obran muy favorablemente sobre las leguminosas, á las cuales favorece notablemente también el empleo del yeso.

De las experiencias de Dehérain resulta que en una tierra no enyesada nunca se halla la potasa soluble en el agua en cantidades notables, mientras que en las enyesadas con frecuencia no se encuentra potasa soluble en el agua hasta después del enyesado. Si se añade la potasa á diversas materias absorbentes, como la alúmina lavada y secada al aire, y el kaolín, se puede extraer esta potasa por medio del yeso.

Estos resultados, tan claros que no dejan lugar á duda, dice Dehérain, permiten afirmar que uno de los efectos que el yeso ejerce sobre la tierra arable es movilizar la potasa, impidiendo que sea absorbida por las materias arcillosas.

El yeso transforma los carbonatos contenidos en el suelo en sulfatos más difusibles. El suelo cultivado contiene siempre cierta proporción de amoníaco, probablemente al estado de carbonato, porque éste es el producto que dan las materias orgánicas nitrogenadas al descomponerse en el suelo antes de unirse á las materias carbonadas para formar los productos húmicos; por otra parte, es muy verosímil que la potasa soluble que se encuentra en la tierra arable se halle también al estado de carbonato, puesto que el ácido carbónico es uno de los agentes más eficaces de la descomposición de los feldespatos. Si se mezcla á estos carbonatos el sulfato de cal se convierten en sulfatos, porque es sabido que siempre que dos sales se ponen en contacto se descomponen mutuamente, sobre todo cuando pueden dar lugar, por el cambio de las bases y de los ácidos, á compuestos que ofrezcan propiedades físicas distintas de las que presentaban los cuerpos primitivamente puestos en contacto. Y como el carbonato de cal que puede resultar de esta descomposición es insoluble, propiedad que no ofrecía ninguna de las sales puestas en contacto, resulta que la insolubilidad del carbonato de cal será, pues, una de las causas de esta descomposición.

¿No será debida á esta descomposición, á esta transformación de los carbonatos en sulfatos, la mayor movilidad en que se encuentran las bases en un suelo enyesado? Y si es cierto que se puede extraer de un suelo enyesado mayor cantidad de potasa y de amoníaco que de un suelo normal, ¿no puede ser esto debido á la diferente intensidad con que las arcillas retienen los sulfatos y los carbonatos?

En efecto, el carbonato de potasa es retenido por la tierra arable y por el kaolín mucho más enérgicamente que el sulfato.

La movilización del amoníaco por la influencia del yeso es debida á la misma causa: el sulfato de amoníaco es retenido mucho menos enérgicamente que el carbonato por la tierra arable y por las sustancias arcillosas como el kaolín.

Luego la transformación de los carbonatos de amoníaco y de potasa en sulfatos por la acción del yeso parece ser la causa de la mayor movilidad en que se encuentran dichas bases en los suelos enyesados y de que se pueda extraer de un suelo enyesado mayor cantidad de potasa y de amoníaco que de un suelo normal.

El yeso, pues, favorece, como dice Dehérain, la difusión de la potasa y del amoníaco en las tierras de cultivo.

Ahora bien: se sabe que en gran número de tierras arables existe el nitrógeno orgánico hasta la profundidad de un metro y á veces de 1<sup>m</sup>,80. Se sabe, además, que la cantidad de nitrógeno es más débil á cierta profundidad que en la superficie, y se ha demostrado que la potasa llega difícilmente á las capas profundas, porque retenida por las capas superficiales, es en ellas puesta en libertad por la acción incesante del ácido carbónico formado por la combinación del oxígeno atmosférico con las materias carbonadas del suelo. Este ácido carbónico arranca poco á poco la potasa á las arcillas.

Se comprende que mientras se cultiven plantas cuyas raíces permanezcan en las capas superficiales, como los cereales, importa poco que la potasa y el amoníaco sean retenidos en dichas capas superficiales por las propiedades absorbentes de las tierras; pero no sucede lo mismo cuando se trata del cultivo de las leguminosas, cuyas raíces se introducen más allá de la capa arable ordinaria. Estas plantas podrán prosperar en los terrenos arenosos, donde los principios nutritivos de los abonos no serán retenidos en las capas superficiales; pero no así en las tierras arcillosas, á no ser que se haga intervenir el yeso para que los álcalis puedan sustraerse á las propiedades absorbentes de la arcilla, se difundan por el suelo y puedan llegar hasta las raíces profundamente introducidas.

El yeso parece, pues, tener sobre la tierra arable, concluye Dehérain, una acción completamente determinada y especial: tiene por objeto hacer pasar los álcalis de la capa superficial, donde son ordinariamente retenidos, á las capas profundas, donde las raíces de las leguminosas van á buscar sus alimentos.

Aunque ésta es la opinión más generalmente admitida, Müntz y Girard, en su obra *Les engrais*, creen que la acción predominante del yeso es la de los abonos propiamente dichos (*abonos normales*), que consiste en aportar al suelo sustancias que éste no contiene en cantidad suficiente para las necesidades de las cosechas. El yeso podría colocarse al lado del fosfato de cal; como este último, el yeso aporta dos elementos, el ácido sulfúrico y la cal, que son necesarios á la vegetación, y se puede admitir que los dos concurren al aumento de las cosechas; pero es probable

que predomine tanto la acción de la cal como la del ácido sulfúrico, según cuál de estos dos elementos falte en el suelo y según las necesidades de la vegetación.

Considerado únicamente como abono á base de cal, se puede colocar el yeso, según Müntz y Girard, entre los abonos calcáreos más eficaces, pues es sabido que se difunde rápidamente por el suelo en virtud de su solubilidad, y que se encuentra por consiguiente en las mejores condiciones de asimilabilidad para las raíces de las plantas. Pero el yeso no puede sustituir á los demás abonos calcáreos (cal y marga), pues además de la diferencia de precio, hay una consideración más importante que se opone á esta sustitución. El yeso, aunque contiene cal, no obra como los verdaderos abonos calcáreos; es cierto que el yeso aporta la cal al suelo, pero, según hemos visto, los abonos calcáreos obran sobre todo produciendo el humato de cal, saturando las tierras ácidas, permitiendo la descomposición y la nitrificación de las materias orgánicas y aumentando el poder absorbente del suelo. Ninguna de estas importantes funciones desempeña el yeso, el cual no puede, pues, ser asimilado á los abonos calcáreos; la cal que el yeso contiene obra solamente de una manera directa como alimento del vegetal.

El yeso, dicen Müntz y Girard, no es exclusivamente un abono calcáreo; obra también por el ácido sulfúrico. Si hay muchas tierras que carecen de cal, hay también muchas que carecen de ácido sulfúrico; siendo el azufre uno de los elementos de las plantas, y pudiendo ser considerado como indispensable á la producción vegetal, el yeso, por lo menos en muchos casos, debe al azufre su actividad.

Según se ve, la teoría del enyesado no está definitivamente establecida, y las reglas de empleo del yeso no pueden fundarse en razonamientos tan rigurosos como los que se aplican á los abonos estudiados precedentemente.

El yeso puede aplicarse crudo ó cocido. Tal como se extrae de las canteras, el yeso pulverizado constituye el *yeso crudo*. La cocción tiene por objeto hacerle perder la mitad próximamente de su agua de cristalización; para esto se le somete á una temperatura de 115 grados. Más allá de esta temperatura perdería toda el agua, y tendría entonces propiedades muy diferentes.

En ambos casos se usa el yeso pulverizado, y sus efectos son

casi iguales, porque si bien se ha observado que el crudo los produce algo mejores y es más económico, pues evita los gastos de calcinación, en cambio se reduce á polve con más dificultad. Generalmente se utiliza cocido.

Los yesos cocidos y en polvo del comercio suelen ser falsificados con creta, marga, polvo de cal, arena fina, arcilla y principalmente con los residuos del yeso crudo, que los fabricantes de yeso cocido no saben en qué emplear. Este último fraude es menos perjudicial que los primeros, puesto que siempre se recibe yeso, aunque pagando el crudo al mismo precio que el cocido.

Para no ser engañado conviene comprar el yeso crudo ó cocido, *en trozos*. La pulverización puede hacerse en la granja en la época en que no se sabe en qué ocupar á los obreros. La trituración del yeso crudo es mucho más difícil que la del cocido, pero conviene advertir que no hay absoluta necesidad de reducir el yeso crudo á polvo excesivamente fino.

Cuando se compra yeso cocido en polvo se puede, por algunos ensayos, asegurarse de no haber sido defraudado. El yeso bueno no hace efervescencia, ó hace muy poca, con los ácidos; no tiene sabor alcalino; no enverdece el jarabe de violetas; no deja por la levigación más que trazas de arena, y se disuelve casi totalmente en el ácido clorhídrico débil. El residuo que deja, sometido á la acción de este ácido, es arcilla y arena.

No debe, sin embargo, considerarse falsificado el yeso porque no se disuelva completamente en el agua acidulada, pues los yesos naturales no son químicamente puros; contienen frecuentemente, según su procedencia, de 3 á 15 por 100 de materias extrañas.

El empleo del yeso es sobre todo ventajoso en el cultivo de las leguminosas; sus resultados son mucho menos marcados sobre la colza, la mostaza y la col; casi nulos sobre las raíces, y nulos sobre los cereales. Su influencia es dudosa en los prados húmedos; en cambio, obra útilmente sobre las praderas naturales secas y de suelo profundo, y sobre las artificiales.

Conviene á todos los suelos areno-arcillosos profundos, calientes y ricos en materia orgánica, es decir, á las tierras de trébol. En los arcillosos fríos, húmedos é impermeables y en los arenosos secos no da resultados provechosos; lo mismo sucede en todas las tierras húmedas y en los suelos sometidos á un cultivo aban-

donado. Un cultivo atento y la existencia en el suelo de suficientes elementos nutritivos asimilables son condiciones indispensables para que el yeso ejerza su acción completa.

El enyesado se verifica cuando las plantas están ya desmenuadas para cubrir la tierra y cuando sus hojas están impregnadas de humedad, es decir, por la mañana ó por la tarde. Los enyesados de primavera se consideran más favorables que los verificados en otoño ó durante el invierno. Generalmente se practican á fin de Abril ó principios de Mayo, en el momento en que las plantas van á entrar en el período de desenvolvimiento rápido. También es buena práctica aplicar la mitad al final del invierno, cuando el frío no es excesivo y el suelo contiene bastante humedad, y el resto en la primavera ó en el otoño, cuando la planta esté algún tanto crecida. De todos modos, conviene que el tiempo esté en calma, y á ser posible, cálido y húmedo; las heladas, las lluvias prolongadas y los grandes calores perjudican ó paralizan la acción del yeso. Los suelos secos deben ser enyesados antes que los húmedos y en los climas cálidos y secos debe verificarse el enyesado antes que en los fríos y húmedos.

Se emplea el yeso, por término medio, en dosis de 350 á 400 kilogramos por hectárea. Se indica como proporción el grano empleado en la siembra del trigo. En esta dosis sobre las praderas artificiales puede repetirse todos los años. Las dosis de 600 á 1.000 kilogramos son excepcionales.

El yeso se aplica generalmente sobre las plantas y algunas veces, como veremos al tratar de este abono, sobre el estiércol. También se reparte asociado á las cenizas vegetales, que obran favorablemente sobre las mismas plantas que el yeso.

Las condiciones climatológicas y las intemperies atmosféricas favorecen ó contrarían los efectos del yeso. La acción del yeso es favorecida por la humedad y el calor. Las lluvias poco abundantes, pero frecuentes y cálidas, y los rocíos abundantes aseguran su acción, mientras que la sequía y las grandes lluvias la perjudican.

Parece que el yeso puede ser empleado como abono calizo en las tierras que no contienen carbonato de cal, sobre todo cuando no hay otras enmiendas calcáreas disponibles. Vile emplea el sulfato de cal, por su solubilidad, en sustitución del carbonato de cal en la composición del abono completo.

En las localidades en que el yeso escasea ó vale caro se puede emplear en su lugar el ácido sulfúrico del comercio, dilatado en mil veces su volumen de agua. En contacto con el carbonato de cal, que siempre existe en mayor ó menor proporción en el suelo, el ácido sulfúrico origina al momento sulfato de cal; así se explica que produzca efectos análogos á los del yeso. Su aplicación es más fácil que la de este último, porque puede emplearse mezclado al agua de los riegos y tiene la ventaja de poderse repartir en tiempo seco lo mismo que en tiempo lluvioso.

**Sal común.**—El *cloruro de sodio* ó *sal común* ha sido empleado en agricultura desde muy antiguo, á pesar de lo cual ninguna sustancia ha provocado tantas discusiones entre los agrónomos.

En otro lugar hemos dicho que la sosa no es susceptible de sustituir á la potasa en la nutrición vegetal, y por consiguiente en las fórmulas de abonos. También sabemos que ninguno de los dos elementos constitutivos de la sal común, el cloro y el sodio, son indispensables para el desenvolvimiento de la mayor parte de las plantas, excepción hecha de las que crecen en el mar ó en sus inmediaciones, y podemos añadir que la mayoría de las plantas terrestres perecen en un medio que contenga grandes cantidades de esta sal y que son muy pocas las plantas cultivadas (remolacha, espinaca, caña de azúcar y alguna otra) que contienen en sus cenizas los elementos de la sal común.

Parece, pues, que no hay ninguna necesidad de añadir directamente la sal común al suelo, mucho más teniendo en cuenta que los estiércoles y otros abonos usuales la contienen en cantidad por lo menos equivalente á la que el análisis ha encontrado en algunas cosechas. Por eso seguramente muchos agrónomos ponen en duda la utilidad del empleo de la sal común.

Sin embargo, varios hechos parecen demostrar los buenos efectos de la sal sobre las plantas terrestres, aplicada en proporciones convenientes, y agrónomos distinguidos aconsejan el empleo de esta sustancia en determinadas circunstancias.

De las experiencias de Becquerel parece deducirse que, administrada en dosis de 150 á 300 kilogramos por hectárea, pulverizada ó disuelta en el agua ó mezclada con los estiércoles, produce un aumento de cosecha considerable cuando se trata del cultivo de prados y de algunas plantas industriales, como el algodón, siempre que el terreno contenga buena cantidad de