

quiera que sea la sal, y también bajo la forma de cloruro; pero las formas principales bajo las cuales la planta recibe la potasa son: cloruro potásico, nitrato de potasa, sulfato de potasa y fosfato de potasa; otras de menos importancia son el carbonato de potasa y el sulfuro potásico.

Sodio.—El sodio no parece ser indispensable para la alimentación de la planta. Es asimilado en forma de óxido y de cloruro.

Calcio.—El calcio en forma de cal (óxido de calcio) es útil á las plantas indirectamente: sirve de soporte al ácido fosfórico y al sulfúrico, y de vehículo para introducirlos en la planta en forma de fosfato y de sulfato; neutraliza el ácido oxálico elaborado por los vegetales en notable cantidad, y que al estado libre obraría como veneno.

Magnesio.—Es asimilado en forma de óxido cualquiera que sea la sal. Se encuentra la magnesia (óxido de magnesio), en compañía del ácido fosfórico, localizada en las semillas maduras.

La presencia de la magnesia en los abonos parece favorecer, según Dubrunfaut, la fijación del amoníaco en forma de fosfato amónico-magnesiano, asimilable aunque insoluble. Otro químico, Pellet, sostiene que la magnesia puede contribuir á hacer penetrar en las plantas el ácido fosfórico necesario, en la misma forma de fosfato amónico-magnesiano ó de fosfato de magnesia solamente, como se encuentra en las cenizas de la remolacha.

Hierro.—Se ha creído por mucho tiempo, y de aquí la gran importancia que se concedía á este elemento nutritivo, que el hierro era indispensable para la formación de la *clorofila* ó materia verde de los vegetales. Efecto de esta creencia, se empleaba el hierro, para combatir la *clorosis* vegetal ó palidez de las hojas, en soluciones de vitriolo verde (sulfato de hierro); pero el color verde que las hojas adquirían por el empleo de esta substancia parece que es más bien químico que fisiológico, puesto que con el tanino de la hoja se forma un tannato de hierro. Por otra parte, se han cultivado en disoluciones salinas desprovistas de toda traza de hierro, vegetales que ofrecían intensa coloración verde. Está además probado que los árboles padecen la *clorosis* lo mismo en terrenos ricos en hierro que en los que apenas contienen este metal.

Sin embargo, Grandeau, Müntz y otros agrónomos sostienen la

antigua creencia de la necesidad del hierro para la producción de la *clorofila*.

El hierro lo toman las plantas en forma de óxidos.

Manganeso.—Este elemento es poco importante; las plantas lo asimilan al estado de óxido.

Valor fisiológico y valor agrícola de los elementos nutritivos.—Hemos visto cuáles son los cuerpos simples que constituyen el organismo vegetal y el papel fisiológico que cada uno de ellos desempeña en la alimentación de la planta: conocemos, por consiguiente, los elementos que constituyen el alimento completo que la planta necesita para recorrer todas las fases de su existencia, desde la germinación hasta la fructificación. Cada uno de estos elementos es indispensable á la vida vegetal, porque si uno solo falta, la nutrición y el crecimiento son imposibles; todos tienen, pues, el mismo *valor fisiológico*, es decir, que en lo que se refiere á la nutrición todos estos cuerpos son de un valor idéntico: la planta no puede prescindir ni del hierro, ni de la magnesia, ni del ácido fosfórico, ni del nitrógeno, etc. Pero no todos estos cuerpos tienen el mismo *valor agrícola*, porque mientras la mayor parte se encuentran en el aire ó en el suelo en cantidad suficiente para satisfacer las necesidades alimenticias del vegetal, otros se hallan en escasa cantidad y hay que añadirselos al suelo en forma de abonos. Los elementos que escasean en las tierras de cultivo y que deben contener los abonos para conservar y aumentar la fertilidad del suelo son: el *nitrógeno*, el *ácido fosfórico* y la *potasa*, en primer término, después la *cal*, y más raramente la *magnesia*; de los demás elementos no debe preocuparse el agricultor, porque el aire ó el suelo los contienen en cantidad suficiente.

II.—La tierra arable.

Las plantas, como sabemos, toman sus alimentos del aire y del suelo. El agricultor es impotente para modificar la atmósfera; en cambio puede, por medio de los abonos, mejorar las condiciones de alimentación que las tierras de cultivo ofrecen para las plantas, con el fin de obtener cosechas abundantes. Pero para aplicar racionalmente los abonos á las tierras es necesario conocerlas. Debemos, por consiguiente, estudiar la tierra labrantía,

considerándola principalmente como depósito de una parte importante de los alimentos de las plantas, y procurando poner de manifiesto que la aplicación y la elección de los abonos dependen casi enteramente de la composición de las tierras.

La tierra arable está generalmente formada por la mezcla de sustancias minerales y materia orgánica. Los elementos minerales de la tierra arable son el resultado de la desagregación de las rocas que constituyen la corteza terrestre. La materia orgánica de la tierra arable consiste en restos de vegetales en estado más ó menos avanzado de descomposición; proceden estos restos de las plantas que el suelo sostenía anteriormente.

Formación de la tierra arable: destrucción progresiva de las rocas.—Veamos de qué manera las diversas rocas que constituyen la corteza terrestre han dado origen á la parte mineral de las tierras de cultivo.

Por la influencia de varias causas naturales las rocas han sufrido y sufren en la actualidad una destrucción progresiva. Los residuos de las rocas destruidas constituyen, como se ha dicho, los elementos minerales de la tierra arable. La acción simultánea del *aire* y del *agua* determina principalmente esta destrucción. Estos agentes, atacando química y mecánicamente las rocas, disgregan sus elementos reduciéndolos á tenues materiales que las aguas corrientes transportan desde las cumbres y flancos de las montañas á las llanuras, donde estos materiales forman depósitos de cierto espesor.

El agua obra sobre las rocas de distinta manera, según se halle en estado sólido ó líquido. Al solidificarse convirtiéndose en hielo, el agua aumenta de volumen con fuerza irresistible, desagregando las rocas en que se ha infiltrado, por duras y compactas que sean. En estado líquido el agua penetra en las rocas á profundidades tanto mayores cuanto más porosas son, disolviendo las materias solubles y dejando espacios vacíos; el aflujo de nueva cantidad de agua ó el choque de las aguas y de los vientos convierte fácilmente la roca en materia pulverulenta. Los rozamientos que sufren los minerales arrastrados por los torrentes y los ríos los reducen también á pequeños fragmentos.

El ácido carbónico y el oxígeno del aire atacan químicamente la mayor parte de las rocas, especialmente las silicatadas y calcáreas, originando sustancias solubles en el agua. Además, el

ácido carbónico combinándose con las bases de las rocas y oxígeno peroxidando los óxidos de hierro y de manganeso, aumentan el volumen, y obrando á modo de cuñas hacen saltar las rocas en fragmentos.

Las materias que resultan de la destrucción de las rocas son de naturaleza distinta, según las rocas de que proceden, y originan por lo mismo tierras estériles en unos casos y más ó menos fértiles en otros.

Tierras locales y tierras de transporte.—Pocas veces los materiales disgregados quedan sobre la roca que los ha originado; cuando esto ocurre se forman las tierras denominadas *locales*, de composición parecida á la de las rocas subyacentes y poco favorables por lo general para el cultivo. Habitualmente los materiales son arrastrados á grandes distancias por las aguas, originándose las tierras llamadas *de transporte*, que nada tienen de común en cuanto á su composición química con las rocas que las sostienen, y cuya fertilidad es mayor que la de las tierras locales.

Los *aluviones* ó depósitos abandonados por los ríos en sus orillas son terrenos de transporte; su fertilidad es ordinariamente notable. Es bien conocida la virtud fertilizante de los limos ó cienos que resultan de las inundaciones periódicas del Nilo.

Materia orgánica de las tierras.—Hemos visto cómo se forma la parte mineral de las tierras agrícolas; veamos ahora el origen de la materia orgánica que el suelo contiene.

Una vez las rocas desagregadas, aparecen y comienzan á vegetar sobre este suelo nuevo ciertas plantas inferiores (algas, musgos y líquenes) producidas por gérmenes transportados por el viento; introduciendo sus delgadas raíces por los intersticios de las rocas, contribuyen á acelerar el trabajo de desagregación. Como estos vegetales toman la mayor parte de sus alimentos de la atmósfera, pueden desarrollarse y multiplicarse en este suelo estéril, con tal de que dispongan de la humedad necesaria. Al morir estas plantas, sus restos se descomponen, dando origen á la materia orgánica, cuya presencia puede decirse que caracteriza la *tierra vegetal*. Sobre este suelo, ya provisto de materia orgánica, se desenvuelven otras plantas de organización más complicada, cuyos restos aumentarán el espesor de la tierra vegetal, la cual con el tiempo podrá dedicarse al cultivo.

26952

Capas de la tierra arable.—Las capas más superficiales de la tierra labrantía, hasta la profundidad donde la naturaleza mineralógica comienza á cambiar, reciben el nombre de *suelo*. Las capas de naturaleza diferente situadas inmediatamente debajo del suelo constituyen el *subsuelo*. Y la capa homogénea, rocosa, impermeable, constituída generalmente por arcilla, marga ó caliza compacta, sobre la cual descansa el subsuelo, se llama *capa impermeable*.

El subsuelo puede faltar; entonces el suelo descansa directamente sobre la capa impermeable.

Cuando el suelo es profundo se llama *suelo activo* á la capa superior, donde se verifican las labores ordinarias, y *suelo inerte* á las capas situadas entre el suelo activo y el subsuelo.

No sólo el suelo activo interviene en la vegetación: el suelo inerte y el subsuelo contribuyen también á la nutrición de las plantas, pues las raíces de los diversos cultivos penetran más profundamente de lo que se cree cuando no tropiezan con una capa impermeable.

La profundidad de la tierra arable influye en su fertilidad.

Elementos constitutivos de la tierra arable.—La tierra labrantía está constituída de dos órdenes de elementos: unos cuyo papel es más especialmente físico, y otros cuya función es más particularmente química. Los primeros se encuentran en el suelo en mayor cantidad, y se llaman por eso *elementos dominantes*; los segundos son mucho menos abundantes.

Elementos físicos.—Cuatro elementos dominan ordinariamente en las tierras de labor: la *arena silícea*, la *arcilla*, la *caliza* y el *humus*. Los tres primeros son minerales, el humus es la materia orgánica que el suelo contiene. De la proporción en que se encuentran estos cuatro elementos dependen las propiedades físicas de las tierras. Veamos qué influencia ejerce cada uno de ellos en estas propiedades.

Arena silícea.—Aparte de pequeñas proporciones de las otras sustancias, el suelo no contiene más que elementos arenosos. Se podría decir que la tierra labrantía consiste casi exclusivamente en arena. Pero, para acomodarnos á los usos agrícolas, reservaremos este nombre á los elementos que ofrecen mayores dimensiones, á los materiales que se precipitan rápidamente cuando se diluye la tierra en un gran volumen de agua. Aun

así definida la arena, es el elemento que se encuentra en mayor proporción en las tierras de cultivo.

La arena silícea comunica soltura y permeabilidad al suelo. Procede de la descomposición de las rocas cuarzosas.

La arcilla es un silicato de alúmina hidratado, acompañado generalmente de una notable proporción de óxido de hierro y de pequeñas cantidades de otras sustancias (álcalis y tierras). Procede la arcilla de la descomposición de los feldespatos de las rocas silicatadas. El ácido carbónico del aire ó del agua, obrando sobre los feldespatos, se apodera de su base alcalina (potasa, sosa y cal) y las transforma en carbonatos; la sílice puesta en libertad se hace soluble y es arrastrada por las aguas, y el silicato de alúmina que resta, hidratándose, constituye la arcilla.

La arcilla absorbe y retiene gran cantidad de agua, con la que forma pasta muy glutinosa y adherente, completamente impermeable al aire y á la humedad y que se adhiere con fuerza extraordinaria á los instrumentos de labranza. Al desecarse, lo que se verifica lentamente, se agrieta y adquiere tal dureza que los instrumentos de cultivo apenas la pueden dividir. La arcilla comunica al suelo tenacidad, disminuye la permeabilidad, dificulta las labores y contribuye, por último, á retener la humedad.

Caliza.—Las tierras de labor contienen restos calcáreos en mayor ó menor proporción. Proceden estos restos de la destrucción de las rocas calcáreas. Unos son extremadamente tenues, otros ofrecen mayores dimensiones y desempeñan el papel físico que hemos señalado á la arena silícea.

La caliza no persiste indefinidamente en las tierras de cultivo. Por la influencia del agua y del ácido carbónico existente en el suelo, la caliza se disuelve lentamente pasando al estado de bicarbonato. Las disoluciones calcáreas coagulan la arcilla que el suelo contiene, y gracias á esta coagulación persiste, como vamos á ver, la permeabilidad de las tierras.

Uno de los efectos de las labores es dividir la tierra en partículas dejando entre ellas intersticios, donde el aire, el agua y las raíces penetran sin dificultad. Para que tal estado de división, tan provechoso para la vegetación, persista, es necesario que los elementos arenosos de la tierra sean retenidos por una especie de cemento. Este cemento es generalmente la arcilla. Pero la arcilla no es capaz de reunir entre sí los granos sólidos más que

cuando está coagulada. Las sales calcáreas mantienen la arcilla del suelo en estado de coagulación; sin estas sales, la arcilla, arrastrada por el agua, cerraría los intersticios de la tierra, la cual perdería toda su permeabilidad.

De este modo las disoluciones calcáreas del suelo dan cierta permanencia á los efectos mecánicos de las labores, pues gracias á ellas la permeabilidad de la tierra puede persistir. Esta permanencia no es indefinida, puesto que es necesario verificar de tiempo en tiempo nuevas labores en las tierras.

El humus ó materia oscura, cuya presencia caracteriza verdaderamente la tierra arable, es el resultado de la descomposición de las materias orgánicas, y sobre todo de los residuos vegetales que el suelo contiene. Puede igualmente ser producido por una transformación análoga de las materias vegetales ó animales añadidas al suelo por el agricultor, tales como, por ejemplo, el estiércol.

Esta descomposición se debe á la acción del oxígeno, de la humedad y de ciertos microbios que nunca faltan en la tierra vegetal. Estos pequeños organismos provocan activamente la combustión de la materia orgánica: el carbono pasa al estado de ácido carbónico, el hidrógeno da agua, el nitrógeno suministra cierta dosis de amoniaco que permanece fijado por la porción de materia no transformada, y se producen cuerpos negruzcos, ligeramente ácidos, designados con el nombre de ácido húmico, á los cuales la materia debe su coloración cada vez más oscura. El producto de este trabajo es el *humus*, mezcla compleja de sustancias más ó menos nitrogenadas.

En el seno del agua, sustraída la materia orgánica á la acción oxidante del aire, la descomposición se verifica con extremada lentitud y deja como residuo lo que se llama *turba*.

Por la influencia de diversos agentes, ácidos, álcalis y hasta por la acción misma del agua, las sustancias húmicas, incapaces de servir inmediatamente para nutrir las plantas, se transforman lentamente en amoniaco y en otros principios solubles que parecen susceptibles de concurrir directamente á la nutrición vegetal. El amoniaco que se halla así desprendido de una manera continua, se fija sobre las partículas terrosas, donde una porción será utilizada directamente en la nutrición vegetal. Pero si las circunstancias son favorables, la mayor parte se cambiará en nitra-

tos, forma la más perfecta de la alimentación nitrogenada de las plantas.

El humus, como se ve, contribuye á la nutrición vegetal, no porque sea directamente absorbido y asimilado, sino porque ofrece á las raíces de un modo lento y continuo materiales nutritivos que la planta utiliza. Por otra parte, el ácido carbónico que resulta de la combustión de la materia orgánica ejerce una acción disolvente respecto de ciertos principios minerales, y notablemente sobre los fosfatos y las calizas; de modo que el humus contribuye indirectamente á la nutrición vegetal favoreciendo la disolución de las sales minerales. Además, según Grandeau, el humus forma con ciertas sustancias minerales del suelo, entre las cuales figuran importantes principios fertilizantes (potasa, ácido fosfórico), verdaderas combinaciones que ofrece á las raíces de las plantas, en una forma en que pueden ser fácilmente utilizadas por éstas.

Desde el punto de vista físico, la materia orgánica ejerce una influencia muy marcada sobre la tierra vegetal, sea por sí misma cimentando los elementos arenosos, sea indirectamente modificando las propiedades de la arcilla; en estos dos casos, la materia orgánica puede concurrir eficazmente al mullimiento del suelo, como vamos á ver.

Para que la tierra conserve su división en partículas, es necesario que sus elementos arenosos sean agregados por sustancias que desempeñen las funciones de cemento. La arcilla, según se ha dicho, es una de éstas sustancias, pero no es la única. El humus puede reemplazar á la arcilla para cimentar las partículas terrosas. Ciertas tierras, que carecen de arcilla, deben al humus la tenacidad necesaria para que el mullimiento del suelo pueda subsistir. Tal sucede en algunas tierras de bosques, constituídas por una mezcla de arena y humus. *El humus da*, por consiguiente, *cohesión á las tierras muy ligeras*.

El humus, que puede reemplazar á la arcilla como cemento, puede también, en otros casos, atemperar sus propiedades. Mezclados estos dos cementos, no se suman sus efectos. Al contrario, el humus, cuando está en proporción suficiente, debilita la consistencia de la arcilla. *El humus disminuye*, por lo tanto, *la cohesión de las tierras muy fuertes*.

Según se ve, el humus desempeña en el suelo un papel impor-

tante. Es necesario no dejarlo desaparecer. El empleo exclusivo de los abonos químicos ocasiona frecuentemente una considerable disminución del humus, perjudicial á la fertilidad del suelo. Si estos abonos no van acompañados de abonos orgánicos, el humus desaparecerá y podrá suceder que la tierra llegue á ser excesivamente fuerte ó ligera, impropia, por lo mismo, en ambos casos, para una vegetación próspera.

Elementos químicos de la tierra arable.—Además de la sílice, la arcilla, la caliza y el humus, que obran sobre todo física y mecánicamente, la tierra contiene otras sustancias, que sirven de alimento á las plantas y comunican fertilidad al suelo. Los elementos químicos de la tierra arable son muy numerosos, pero todos no desempeñan en la nutrición de las plantas un papel de igual importancia; los principales son: el nitrógeno, el ácido fosfórico, la potasa, la cal, la sosa, la magnesia, el ácido sulfúrico y los óxidos de hierro y de manganeso.

El nitrógeno, el ácido fosfórico, la potasa y la cal son los más importantes de todos estos cuerpos; veamos cómo se encuentran en las tierras arables.

El nitrógeno de las tierras arables se halla, como sabemos, en tres estados diversos: al estado de ácido nítrico, al estado de amoníaco y al estado de nitrógeno orgánico. Las dos primeras formas pueden ser utilizadas inmediatamente por las plantas; el nitrógeno orgánico no es utilizable hasta después de ser transformado en nitrógeno amoniacal ó en nitrógeno nítrico. El nitrógeno orgánico contenido en la tierra no debe ser, pues, considerado como útil más que cuando puede sufrir las transformaciones que lo convierten en amoníaco ó en nitrato. Si el suelo ofrece las condiciones necesarias para que la nitrificación se verifique, como sucede en la generalidad de los casos, el nitrógeno orgánico debe ser tenido en cuenta como elemento de fertilidad; pero si carece de estas condiciones, como ocurre con frecuencia en las tierras graníticas y en general en las tierras recién roturadas, puede darse el caso de que el suelo contenga grandes cantidades de nitrógeno orgánico de las cuales la planta no pueda sacar ningún provecho. Este nitrógeno sólo podrá llegar á tener valor si se modifica la tierra de modo que se provoque su transformación. Resulta, por consiguiente, que en lo que se refiere al valor agrícola de las materias nitrogenadas contenidas en el suelo

no basta determinar solamente la cantidad de nitrógeno, sino también y sobre todo su aptitud á sufrir las transformaciones indispensables para que sea asimilado por las plantas.

La riqueza del suelo en nitrógeno es muy variable, y sólo una débil parte se halla al estado de nitrato ó de compuestos amoniacales. En general no excede del 2 al 3 por 100 del nitrógeno total la proporción de este nitrógeno asimilable. La proporción de nitrógeno orgánico que se nitrifica en el curso de un año depende de muchas circunstancias. Todo el nitrógeno nítrico que resulta de la nitrificación no es absorbido; parte de él se pierde arrastrado por las aguas.

El ácido fosfórico de la tierra arable se halla en forma de *fosfatos* (principalmente fosfato de cal, fosfato de alúmina y fosfato de hierro). Estos fosfatos son por completo insolubles en el agua pura, pero solubles en pequeñas dosis en el agua cargada de materias salinas ó de ácido carbónico.

La cantidad absoluta de ácido fosfórico de las tierras es muy variable, y parece estrechamente relacionada con su fertilidad: habitualmente las tierras muy productivas son ricas en ácido fosfórico.

El ácido fosfórico de las tierras procede de la descomposición de las rocas graníticas, volcánicas, esquistosas y calcáreas de casi todas las edades geológicas.

Una tierra que contiene por kilogramo menos de cinco decigramos de ácido fosfórico, tiene necesidad de abonos fosfatados; en el caso de no querérselos suministrar, conviene dedicarla al cultivo forestal, que es el menos exigente en ácido fosfórico.

En general, todas las veces que la dosis de ácido fosfórico es inferior á un gramo, la adición de abonos fosfatados será útil. En una tierra que contenga más de un gramo por kilogramo esta adición será inútil, ó por lo menos de poca utilidad y, en general, no será remuneradora.

La potasa se halla en la tierra arable en dos estados bien diferentes: 1.º, al estado de combinaciones solubles (nitratos, carbonatos y clorhidratos); 2.º, al estado de combinaciones insolubles (silicatos de potasa). La mayor parte se halla al estado de silicatos insolubles, procedentes de la destrucción de las rocas graníticas.

Las aguas subterráneas, siempre cargadas de ácido carbónico,

roban á estos silicatos pequeñas cantidades de potasa, que pasan al estado de carbonato disuelto. Este es consumido por las plantas ó si no fijado por las partículas de humus y de arcilla, que lo retienen con energía. La potasa así fijada por la tierra constituye una verdadera reserva nutritiva que permanece constantemente á disposición de las raíces.

Las tierras de origen granítico ó volcánico son, por lo general, muy ricas en potasa. Las tierras arcillosas están ordinariamente bien provistas, mientras que los suelos calcáreos sólo contienen débiles proporciones.

Se puede considerar como suficientemente ricas en potasa las tierras que contienen, por kilogramo, de uno á dos gramos de potasa total; si contienen menos de un gramo por kilogramo de tierra, la adición de abonos potásicos es ordinariamente útil.

La cal no existe nunca en el suelo al estado de cal libre. Se encuentra principalmente al estado de *carbonato de cal*, ó caliza, que á veces, en los suelos cretáceos, constituye la mayor parte de la tierra. El *sulfato*, el *fosfato* y los *silicatos* de cal se hallan frecuentemente, pero en dosis más débiles; hay también, temporalmente, *nitrate de cal*, resultado de la nitrificación, que puede ser fácilmente arrastrado por las aguas abundantes.

Existe, por fin, la cal al estado de *humato de cal*, sobre todo en las tierras ácidas, y á veces en cantidades considerables. Los ácidos húmicos, que se producen por la destrucción de las materias vegetales, no pueden existir al lado del carbonato de cal sin destruirlo: el ácido carbónico se desprende, y la cal se combina al ácido orgánico. Este efecto se producirá siempre en tanto que la totalidad del humus no haya sido saturada de cal. *En una tierra de reacción ácida, el carbonato de cal no puede subsistir normalmente; no puede permanecer libre la caliza más que en un suelo no ácido.*

Necesidad del carbonato de cal.—De todas las sales minerales que entran en la composición de una tierra arable perfecta, el carbonato de cal es una de las más necesarias para la fertilidad del suelo.

El mullimiento del suelo no puede subsistir bajo la acción de las aguas pluviales más que cuando la tierra contiene sales de cal capaces de coagular la arcilla y de oponerse así á que sea arrastrada por el agua. La caliza, disuelta por la influencia del

agua y del ácido carbónico existentes en el suelo, coagula la arcilla y contribuye á que persista el mullimiento de la tierra vegetal preparada por las labores.

La caliza proporciona á las plantas la cal que necesitan.

El carbonato de cal es además necesario para asegurar los fenómenos de la formación del humus y de la nitrificación. La nitrificación se verifica con el concurso del carbonato de cal. Este satura con su base el ácido nítrico á medida que se va produciendo. Para que la nitrificación se efectúe convenientemente, no basta que la tierra contenga cal; es necesario que la tierra no sea ácida, sino ligeramente alcalina, para lo cual es preciso que el ácido húmico esté completamente saturado y haya además algo de caliza en exceso. El humato de cal no es apto para entretener la producción de los nitratos; es necesario el carbonato de cal.

De aquí la utilidad de conocer la riqueza de una tierra en *cal carbonatada*. El dosado de la *cal total* no basta. Se ha demostrado que un gran número de tierras en que la riqueza de cal es muy grande carecen de carbonato de cal: la cal está enteramente combinada á los ácidos del humus. Esta ausencia de caliza libre da ordinariamente por resultado la acidez del suelo, pues el ácido húmico no está completamente saturado. El suelo se halla entonces en un estado desfavorable para el cultivo, que conviene modificar añadiendo enmiendas calcáreas que destruyan esta acidez.

La falta de caliza nó es de temer, *siempre que la tierra dé lugar á una viva efervescencia cuando se vierta sobre ella un ácido*, tal como el ácido clorhídrico, ó solamente vinagre.

Los otros elementos químicos de la tierra arable tienen una importancia agrícola mucho menos considerable, porque algunos se encuentran en cantidades, por decirlo así, inagotables, y otros no son indispensables á la nutrición vegetal. Únicamente del nitrógeno, ácido fosfórico, potasa y cal, que son de los alimentos de las plantas los que más escasean en las tierras de cultivo, debe preocuparse el agricultor para añadirse los al suelo por medio de los abonos cuando éste no los contenga en la debida proporción. Al tratar de los *campos de experiencias* daremos á conocer el procedimiento para determinar la ausencia ó presencia en el suelo de estos cuatro elementos de la fertilidad.

Clasificación de los elementos constitutivos de la tierra arable.—Según dijimos, de los elementos constitutivos de la tierra arable, unos desempeñan principalmente un papel físico (*elementos mecánicos*), la función de los otros es especialmente química (*elementos químicos*). De los elementos químicos del suelo, unos se hallan en estado de ser asimilados inmediatamente por la planta (*elementos asimilables activos*) y otros necesitan para ser asimilados sufrir ciertas transformaciones (*elementos asimilables en reserva*).

Resulta, por consiguiente, que en definitiva la tierra vegetal se compone de tres órdenes de elementos: elementos mecánicos, elementos asimilables activos y elementos asimilables en reserva.

Los elementos mecánicos (arena, arcilla, caliza y humus), que forman la gran masa del suelo, tienen por objeto servir de asiento á las plantas. De ellos dependen las propiedades físicas de las tierras.

Los elementos asimilables activos (materias nitrogenadas, ácido fosfórico, potasa y cal, principalmente), que se encuentran en muy pequeña proporción en el suelo, son la fuente de la nutrición vegetal. De la proporción en que se encuentran estos cuatro elementos depende la riqueza nutritiva de las tierras.

Los elementos asimilables en reserva servirán para subvenir á las futuras necesidades; con ellos no puede contar el agricultor para las cosechas inmediatas.

Una tierra no posee gran fertilidad si no contiene en una buena proporción los tres órdenes de materiales indicados.

Poder absorbente de la tierra vegetal.—Si las tierras no contuviesen los principios fertilizantes más que al estado de mezcla, sin tener una aptitud especial para retenerlos, las aguas pluviales arrastrarían las sustancias nutritivas solubles, suprimiendo la fertilidad de la tierra y haciendo inútiles y ruinosos los esfuerzos que el agricultor ha verificado al añadir al suelo estas materias.

Afortunadamente la tierra vegetal tiene la propiedad importantísima de absorber y retener al estado insoluble, á pesar de la acción disolvente del agua, ciertas sustancias, solubles de ordinario, entre las cuales figuran importantes alimentos de las plantas. Se designa corrientemente esta propiedad con el nombre de *poder absorbente*.

Gracias al poder absorbente conserva la tierra vegetal al estado de reserva ciertos principios necesarios para la nutrición vegetal, elaborados por el mismo suelo ó aportados á él por las aguas pluviales ó por los abonos, que sin esta propiedad serían en gran parte arrastradas por las aguas subterráneas y perdidos para la agricultura.

La tierra fija el amoniaco, la potasa y el ácido fosfórico: el agua, aunque sea en cantidad muy abundante, no arrastra estos principios, ó cuando más los arrastra en muy pequeñas dosis. Por el contrario, *los nitratos no son retenidos por la tierra*, y pueden ser completamente arrastrados por las lluvias abundantes ó por los riegos prolongados.

La siguiente experiencia demuestra el poder absorbente de la tierra vegetal. Si á través de una capa de tierra se hace filtrar una disolución de una sal amoniacal ó de cualquiera base alcalina ó térrea necesaria á los vegetales, una parte considerable, si no la totalidad de la base disuelta, es retenida por la tierra y fijada por sus partículas. La cantidad absorbida varía mucho según la naturaleza de la tierra y la del principio disuelto y según el grado de concentración y el volumen del líquido.

El poder absorbente no existe ni en la arena pura ni en la caliza. En cambio la arcilla y el humus pueden retener energicamente las materias fertilizantes; una sola de estas dos sustancias basta. Las tierras desprovistas á la vez de arcilla y de humus son incapaces de fijar las sustancias fertilizantes.

La facultad absorbente no es ilimitada y se llegaría á saturar la tierra si se le añadiesen cantidades considerables de abonos. Pero en la práctica no hay temor de que se pase de este límite, muy superior para las tierras arables de calidad media, á las dosis de principios fertilizantes que normalmente se introducen en el suelo por medio de los abonos.

Explicación del poder absorbente.—La explicación de estos hechos ha permanecido hasta hace poco muy oscura. Todavía no se han esclarecido por completo; sin embargo, trabajos recientes han arrojado sobre ellos viva luz.

Se ha dicho con frecuencia, y se dice todavía en las obras de química agrícola, que la presencia de la caliza (carbonato de cal) es necesaria para que la tierra ejerza el poder absorbente respecto de las disoluciones salinas. Estos autores explican de la

siguiente manera el poder absorbente de la tierra vegetal: cuando se introduce en el suelo el sulfato de amoniaco, por ejemplo, esta sal, al encontrar al carbonato de cal, sufre una doble descomposición que da nacimiento al carbonato de amoniaco y al sulfato de cal; el carbonato de amoniaco así producido es fijado por el suelo, y el sulfato de cal es arrastrado por las aguas. Para probar la necesidad de la presencia del carbonato de cal en el fenómeno de la fijación se dice que si se lava una tierra con ácido clorhídrico y después con agua, se hace incapaz de fijar las bases de las disoluciones de sales alcalinas. Mr. Brustlein, á quien se debe interesantísimas experiencias, análogas á las de Way, sobre la absorción del amoniaco, libre ó al estado salino, por las tierras de naturaleza diversa, ha tratado de establecer con más precisión la necesidad de la caliza. Habiendo comprobado desde luego que la descomposición de una disolución de sal amoniacal no tiene lugar en una tierra previamente lavada con el ácido, ha mantenido esta tierra en una disolución de bicarbonato de cal que ha hecho hervir con la idea de precipitar sobre las partículas terrosas la caliza en un estado de división extrema, y ha observado que después de este tratamiento la tierra vuelve á ser capaz de fijar el amoniaco de una sal. Hay que reconocer que este resultado parece confirmar la necesidad de la caliza para el ejercicio del poder absorbente; pero admitida esta necesidad, se deduce una consecuencia sorprendente é inexplicable: si el carbonato de cal toma parte en la descomposición por la tierra de una sal alcalina á base fija, tal como el sulfato de potasa, descomposición en la cual se forma sulfato de cal, también debe formarse carbonato de potasa; es decir, que se verifica una reacción inconciliable con la acción bien conocida del carbonato de potasa sobre el sulfato de cal.

Las ideas de Mr. P. de Mondesir explican satisfactoriamente estos hechos. Según las investigaciones en gran parte inéditas de este sabio, el poder absorbente de la tierra vegetal se debe esencialmente á la propiedad que poseen la materia ácida, designada con el nombre de ácido húmico, y también el ácido silícico de ser polibásicos, de tomar las bases que les son ofrecidas, por simple adición si las bases están libres, por doble cambio si se encuentran al estado salino.

Consideremos, por ejemplo, el caso en que se trate una tierra

rica en humato de cal por una disolución de sulfato de potasa; una porción de sal es descompuesta. Según Mondesir, el humato de cal ha cambiado una parte de su cal por una cantidad equivalente de potasa, y se forma un humato polibásico. En estos cambios, los silicatos pueden conducirse á la manera de los humatos.

No es, por consiguiente, la caliza lo que es necesario para la descomposición de las disoluciones salinas por la tierra; es la existencia de humatos ó de silicatos polibásicos, entre los cuales dominan ordinariamente los de cal. Cuando se lava la tierra con el ácido, se destruye estos compuestos; cuando se la hace hervir enseguida con una disolución de bicarbonato de cal, se los reforma. Haciendo de este modo desaparecer ó reaparecer sucesivamente los cuerpos polibásicos del suelo, se quita y se devuelve á la tierra la facultad de descomponer las disoluciones salinas. Pero el carbonato de cal no interviene para nada en esta descomposición.

Ni siquiera es la cal la base necesaria á que deben sustituir las que la tierra absorbe de las disoluciones salinas. Ocurre que en una tierra se puede á voluntad fijar una ú otra base en sustitución de tal ó cual otra. Cuando se trata una tierra calcárea por una disolución de sal común, se produce una absorción de sosa con eliminación de cal; si enseguida, después de haber lavado la tierra con agua, se la agita en una disolución de sulfato de cal, se forma sulfato de sosa con fijación de cal. Mr. de Mondesir ha ejecutado muchas veces estas operaciones, especialmente en el curso de sus notables investigaciones sobre la formación natural del natron. En estas reacciones, los elementos fijadores de las bases, es decir, el ácido húmico y la sílice, pueden cargarse alternativamente de una ó de otra base, según la disolución que se les ofrezca; se puede considerar á estos cuerpos como los ejes de la absorción.

Tal vez concedemos una precisión exagerada á una teoría de la cual quedan todavía muchos puntos por esclarecer. Pero es de creer que, fuera de los humatos y de los silicatos, otros elementos del suelo intervienen en el poder absorbente. Pero en el estado actual de la cuestión, se puede, para simplificar, no considerar como agentes de la absorción más que á estos compuestos, que son los que deben ejercer influencia preponderante.

Cualquiera que sea, además, la explicación del poder absor-

