

wes y Gilbert; y según Müntz y Girard, el hecho de la superioridad en riqueza sacarina de la remolacha abonada con sales amoniacaes parece tan cierto como la producción más elevada bajo la influencia del nitrato de sosa.

La comparación entre el empleo del nitrato de sosa y el del sulfato de amoniaco y entre los resultados generales que se deducen de las observaciones muestra, como lo hacen observar Mrs. Müntz y Girard en su obra *Les engrais*, que el nitrato de sosa ejerce, desde el punto de vista de la vegetación, una acción que es algunas veces superior; pero ofrece el inconveniente de perderse más rápidamente en las aguas subterráneas. Estas consideraciones nos inclinan á conceder al nitrógeno de estos dos productos un valor sensiblemente igual.

Desde hace algunos años, dicen los citados Müntz y Girard, una corriente de opiniones, dirigida por sabios de diferentes países, tiende á atribuir al nitrato de sosa una gran superioridad sobre el sulfato de amoniaco. Un concurso reciente instituido por el comité de productores de nitrato de sosa en la América del Sur ha provocado la publicación de memorias de grande interés relativas al empleo de esta sal en agricultura, pero en las cuales nos parece que se defiende con demasiado calor la causa del nitrato de sosa, en detrimento de la del sulfato de amoniaco. Hasta el presente no parece que se ha hecho sentir la influencia de estas publicaciones en los precios comparados del nitrato de sosa y del sulfato de amoniaco; pero si la práctica adoptase las conclusiones de los sabios redactores de estas memorias, abandonarían las sales amoniacaes y emplearían exclusivamente el nitrato de sosa. A nuestro modo de ver no hay razón para proceder así. La inferioridad de las primeras, si acaso existe, no es tan sensible que obligue á pagar el nitrógeno del nitrato á un precio más elevado que el del sulfato de amoniaco. Sería además un error el sacrificar sin ventaja apreciable el sulfato de amoniaco, de producción indígena, al nitrato de sosa, procedente del extranjero.

**Hollín.**—En las inmediaciones de las grandes ciudades de Inglaterra se usa como abono el hollín de las chimeneas.

Esta sustancia, que puede obtenerse á precios económicos, está compuesta principalmente de carbón excesivamente dividido, arrastrado por el humo en las combustiones incompletas, y es

además muy rico en materias orgánicas y sustancias salinas. El hollín contiene cierta cantidad de amoniaco en forma de acetatos, sulfitos y sulfatos, que provienen, estos últimos, de la combinación del nitrógeno puesto en libertad con el hidrógeno y la unión de este compuesto con el ácido sulfuroso y otros compuestos oxigenados del azufre, pues muchos carbones minerales contienen productos sulfurosos.

El hollín, que como todos los carbones absorbe en sus poros una notable cantidad de gases, contiene hasta 2 y 2 y 1/2 por 100 de amoniaco. Este cuerpo parece que es el que le comunica las propiedades fertilizantes, porque queda en libertad cuando se esparce el hollín en polvo, y las aguas de riego ó de lluvia lo disuelven y arrastran hasta las raíces de las plantas. De todos modos, dada la riqueza del hollín se comprende que su efecto sobre la vegetación sea poderoso. Se cree que además tiene la propiedad de alejar los insectos que atacan á los vegetales.

El hollín del carbón de piedra, como es más denso, contiene, en el mismo volumen, mayor cantidad de materia que el carbón de madera, y en peso igual es más nitrogenado que este último.

El hollín es un abono activo para todos los terrenos, especialmente para los de grava caliza. Obra muy enérgicamente en las praderas naturales, sobre los cereales, tréboles y colza. Se usa solo ó mezclado con cenizas, repartiéndolo en tiempo seco y en dosis de 20 á 30 hectolitros por hectárea.

## II.—*Abonos fosfatados.*

**Generalidades.**—En este grupo se incluyen las sustancias minerales que se añaden al suelo para proporcionar á las plantas el *ácido fosfórico*.

El ácido fosfórico es esencial á las plantas, y algunas extraen del suelo cantidades considerables.

El ácido fosfórico, que en general se halla en muy pequeña cantidad en el suelo, es, sin embargo, la sustancia más útil, la única, por decirlo así, indispensable para la vida de los vegetales y de todos los seres vivientes. Las plantas pueden, en rigor, vegetar en terrenos pobres en nitrógeno y en potasa, pero mueren si se les priva del fósforo.

El fósforo, como dice Bruno-Gambini, es, en efecto, la fuerza, la granazón, la reproducción. Da al trigo la espiga pesada; á la remolacha y á la vid, el azúcar; á la patata, la fécula. Por eso los abonos fosfatados modifican ventajosamente con frecuencia la calidad de los productos recolectados: el grano de los cereales es más perfecto, la cebada vale mejor para el maltaje; su paja, como los tallos de las plantas forrajeras, contiene mayor cantidad de sustancias proteicas; la riqueza de los tubérculos de la patata en fécula y en materia seca es más elevada; la remolacha es más rica en azúcar; generalmente también la maduración de la planta entera es más precoz. Esta precocidad es interesante para las regiones de clima frío, para las tierras tenaces ordinariamente frías y para las plantas naturalmente tardías, como la remolacha y la patata, aunque perjudicial en las condiciones opuestas.

Las cuestiones relativas al ácido fosfórico tienen en agricultura una importancia excepcional. Esta sustancia es la que más comúnmente se exporta en toda explotación agrícola, con los granos, pajas, raíces, forrajes, etc., y la que interesa, por consiguiente, importar de fuera y al más bajo precio posible, para devolver al suelo lo que las cosechas le han sustraído y conservar su fertilidad. Especialmente en las explotaciones donde el cultivo dominante es el trigo, la restitución al suelo del ácido fosfórico exportado debe ser el principal cuidado del agricultor; en efecto, el ácido fosfórico se acumula y localiza principalmente en las semillas maduras acompañado de la magnesia. Pero los granos se venden, y el ácido fosfórico con ellos exportado es restituído generalmente en muy escasas proporciones por el estiércol, á no ser que se compren grandes cantidades de sustancias concentradas, ricas en ácido fosfórico, para la alimentación del ganado.

Está fuera de duda que ciertas tierras que gozaban antiguamente de una gran fertilidad, la han perdido á consecuencia de la falta de ácido fosfórico. La esterilidad actual de algunos suelos del Africa septentrional, del Asia menor y de la Sicilia, que fueron por largo tiempo los graneros de Roma, se atribuye al empobrecimiento en ácido fosfórico á consecuencia de una larga exportación de trigo de estas regiones, sin la restitución conveniente de este principio indispensable para el buen desarrollo de dicho cereal.

Todo el ácido fosfórico contenido en los huesos y en la carne de los individuos nacidos y desarrollados en el territorio de una nación procede del suelo de la misma y, sea que hayan emigrado, sea que hayan muerto en su país, todo este ácido fosfórico ha sido sustraído á las necesidades de la agricultura. Y este ácido fosfórico sustraído á la agricultura de un país por esa enorme masa de individuos vivos y enterrados suma algunos miles de kilogramos.

Se comprende por esto la necesidad de explotar los vastos y numerosos depósitos de sustancias fosfatadas que la tierra encierra en su seno, para devolver al suelo el ácido fosfórico de que le ha privado el respeto á las sepulturas.

La adición de los fosfatos al suelo no tiene por único objeto proporcionar á las plantas el ácido fosfórico; las materias nitrogenadas no pueden funcionar, no son útiles sin el concurso de los fosfatos; por eso, según hemos dicho, cuando se emplean los abonos nitrogenados es preciso añadir al suelo abonos fosfatados. En efecto, según las experiencias verificadas por Mayer y Bous-singault en los cereales, existe una correlación marcada entre las materias albuminóideas y el ácido fosfórico que las semillas contienen. A un aumento en ácido fosfórico corresponde un aumento en materias albuminóideas. Se puede, pues, admitir, que la formación albuminóidea en las semillas está subordinada á la existencia de los fosfatos. Con el empleo de éstos se conseguirá, por tanto, una semilla más rica no solamente en fosfato, sino también en gluten, y es sabido que las harinas son tanto más estimadas cuanto mayor cantidad de gluten contienen. Se ha observado, además, que la semilla que se obtiene es más pesada y da una harina más blanca.

Así como Boussingault ha demostrado la relación constante entre el ácido fosfórico del trigo y el gluten, Dubrunfaut ha descubierto una relación casi constante entre la cantidad de azúcar y la del ácido fosfórico contenido en las raíces de la remolacha, y ha comprobado que la restitución racional del ácido fosfórico influye no solamente en el rendimiento, sino en la calidad de los productos elaborados por el trigo y por la remolacha. Dubrunfaut, de acuerdo con Ladureau que ha señalado análogas relaciones en la semilla del lino, sostiene que la cuestión del ácido fosfórico encierra la solución del problema agrícola.

De las consideraciones que acabamos de exponer se desprende la necesidad en que el agricultor se encuentra de suministrar el fósforo á la planta, y la importancia que ofrece el investigar cuál es la combinación de fósforo que los vegetales asimilan más fácilmente.

La forma en que hay que verificar la restitución del ácido fosfórico ofrece, como hemos dicho, un interés extraordinario en la agricultura racional; el asunto merece ser estudiado con algún detenimiento.

**Formas del ácido fosfórico**—El ácido fosfórico es proporcionado á las plantas al estado de fosfato de cal. Quiere esto decir que en los abonos fosfatados, tanto minerales como orgánicos, el ácido fosfórico se encuentra unido á la cal, formando el fosfato de cal. Según que el ácido fosfórico se halle combinado con uno, con dos ó con tres equivalentes de cal, el fosfato se denominará monocálcico, bicálcico ó tricálcico.

Estas tres formas de fosfatos no ofrecen las mismas propiedades. El fosfato monocálcico ó fosfato ácido se disuelve lentamente, pero en gran cantidad, en el agua. El fosfato bicálcico ó fosfato neutro de cal es casi insoluble en el agua, pero soluble en los ácidos más débiles y en el citrato de amoníaco. El fosfato tricálcico ó fosfato básico es soluble en los ácidos, pero completamente insoluble en el agua.

Los fosfatos que se emplean ordinariamente como abonos se pueden agrupar en las tres secciones siguientes:

Fosfatos de cal naturales (*fosforita, nódulos y arenas fosfatadas*).

Fosfatos industriales (*superfosfatos, fosfatos precipitados y escorias de desfosforación*).

Fosfatos de origen animal (*huesos pulverizados y negro animal*).

De estos últimos trataremos al estudiar los abonos orgánicos.

**Fosfatos de cal naturales**—El fosfato de cal se encuentra acumulado en ciertos puntos de la corteza terrestre, formando verdaderos yacimientos.

Ofrece aspectos muy diferentes, según las regiones y las capas geológicas en que se halla. Unas veces se presenta constituyendo rocas duras de textura cristalina (*apatito* de los mineralogistas), otras en rocas amorfas (*fosforita*), otras en forma de riñones irregulares (*nódulos ó coprolitos*), y otras, por fin, al estado de arenas más ó menos gruesas (*arenas fosfatadas*).

*Apatitos y fosforitas*.—Aunque estas dos palabras no son absolutamente sinónimas, según acabamos de ver, se las confunde con frecuencia en la práctica.

Estos minerales son muy duros, de aspecto y coloración variados y están constituídos por el fosfato de cal tribásico asociado casi siempre á los fosfatos de magnesia, de hierro y de alumina. La riqueza en fosfato de cal es variable en las diversas fosforitas y oscila entre 40 y 91 por 100.

Se encuentran en el Canadá, Rusia, Noruega, Alemania, Francia y España.

Los yacimientos más notables de nuestro país son los de Logrosan (Cáceres) y los de Jumilla (Murcia). La fosforita de Cáceres, según análisis de Petermann, contiene 30,45 por 100 de ácido fosfórico, que corresponde á 66,47 de fosfato de cal tribásico. La de Jumilla, más rica que la anterior, contiene 41,85 por 100 de ácido fosfórico, que corresponde á la extraordinaria proporción de 91,36 de fosfato de cal tribásico; esta fosforita parece ser el fosfato más rico que se conoce, entre los que pueden ser extraídos industrialmente. La explotación minera de la fosforita de Cáceres se extiende en una zona de 6 kilómetros de longitud por 3 y 112 de anchura; se exportan, casi totalmente al extranjero, 200.000 toneladas anuales de este mineral.

Los *nódulos ó coprolitos* son restos fósiles de animales antediluvianos, que contienen, según su procedencia, de 30 á 70 por 100 de fosfato de cal tribásico; tienen la forma de riñones irregulares, son blandos y, por consiguiente, muy fáciles de pulverizar para la fabricación de los superfosfatos. En los nódulos, como en las fosforitas, parece que el ácido fosfórico no está todo al estado de fosfato de cal; una parte está combinada al óxido de hierro y á la alumina.

Tanto los nódulos como las fosforitas, una vez extraídos de los terrenos donde se encuentran, antes de ser empleados en agricultura, se lavan, se secan, se trituran y se reducen á polvo impalpable por medio de molinos á propósito.

Existen, por fin, yacimientos de *arenas blancas* que contienen de 70 á 80 por 100 de fosfato de cal tribásico; convienen para la fabricación de los *superfosfatos ricos*, y están llamadas á reemplazar para la obtención de estos productos á los fosfatos en roca empleados hasta hoy.

Como se ve, en todos los fosfatos naturales (fosforitas, fosfatos fósiles y arenas fosfatadas) el fosfato de cal se encuentra al estado tribásico, es decir, insoluble en el agua.

**Superfosfatos.**—Si se tratan los fosfatos naturales pulverizados (fosforitas, nódulos ó arenas fosfatadas) por el ácido sulfúrico á 53 grados, se obtienen los *superfosfatos*, cuyo efecto sobre la vegetación es mucho más rápido que el de los fosfatos naturales. La fabricación de los superfosfatos se reduce, pues, á atacar un fosfato tricálcico en polvo por el ácido sulfúrico diluído; se puede también fabricar superfosfatos con el negro animal, polvo de huesos, etc.

Los superfosfatos son conocidos desde 1840 en que Liebig aconsejó tratar los fosfatos por el ácido sulfúrico para hacerlos más solubles.

La proporción del ácido sulfúrico empleado, dice Franc en su obra *Les engrais industriels*, varía con la riqueza del fosfato; esta variación es, por término medio, de 40 á 80 kilogramos de ácido por 100 de fosfato. Para un fosfato que contenga 50 de fosfato real, se emplean próximamente 70 kilogramos de ácido sulfúrico á 53 grados. Es necesario además cierta cantidad de agua: en el caso actual, la dosis debe ser de 40 á 45 litros.

*Fabricación de los superfosfatos.*—La fabricación industrial de los superfosfatos consiste esencialmente en lo siguiente: El fosfato, después de haber sido desecado al horno, se reduce á polvo fino; esta pulverización se hace por medio de muelas de granito ó de fundición ó de trituradores, según la dureza del producto. La materia pulverizada es tamizada en tamices de tela metálica. El polvo tamizado pasa á una especie de amasador mecánico (malaxador), en el cual se introduce lentamente las proporciones deseadas de fosfato y de ácido, mientras que el agitador está en movimiento. Cuando la masa es bastante homogénea se vacía el amasador y el fosfato se coloca en montones.

Durante el amasado se desprenden vapores irritantes cuya aspiración deben evitar los obreros.

Al cabo de cierto tiempo, la masa así tratada se endurece, porque el yeso que contiene forma cuerpo. El bloque se rompe con la azada y los trozos obtenidos se pulverizan en el moledor.

La preparación de los superfosfatos en pequeña escala, en las granjas, por ejemplo, es mucho más sencilla. Se sirve para ello

de un depósito de barro cocido ó de madera cubierta de plomo colocado al aire libre, para que el desprendimiento de los vapores irritantes no moleste á los operadores. Se comienza por verter el agua, después se añade á chorros delgado el ácido sulfúrico; se agita con cuidado los dos líquidos para facilitar la mezcla evitando las proyecciones; un hombre echa con rapidez y á puñados el fosfato pulverulento, mientras que otros dos provistos de paletas remueven enérgicamente la masa, hasta que sea homogénea y el ataque del fosfato por el ácido sulfúrico sea completo. Se produce una viva efervescencia debida al desprendimiento de ácido carbónico. Pronto la masa adquiere consistencia, se seca y endurece á consecuencia de la formación de sulfato de cal. El superfosfato está ya obtenido; se le saca del depósito con una pala, para operar sobre una nueva cantidad de fosfato. Después se pulveriza.

Conviene advertir que el precio de los superfosfatos es hoy poco elevado para que el agricultor tenga interés en fabricar él mismo este abono. Sólo cuando se los vendan muy caros debe recurrir al procedimiento acabado de describir.

*Teoría de la fabricación.*—La reacción principal que tiene lugar en la fabricación del superfosfato es la siguiente: de los tres equivalentes de cal que estaban unidos al ácido fosfórico, dos se combinan con el ácido sulfúrico para formar sulfato de cal, es decir, yeso, y queda un solo equivalente de cal combinado al ácido fosfórico, formando un fosfato monocálcico ó fosfato ácido que es soluble en el agua. Esta solubilidad es la que eleva notablemente el valor agrícola y el valor comercial del ácido fosfórico de los superfosfatos.

La teoría de la fabricación no es tan simple como parece desprenderse de la reacción que se acaba de indicar; en la práctica industrial es mucho más complicada, pues se producen otras reacciones secundarias. Son debidas éstas á que los fosfatos naturales están constituidos por una mezcla compleja en la que entran, ordinariamente, además del fosfato de cal, carbonato de cal, fluoros, óxido de hierro y de alúmina, magnesia y elementos, terrosos arena, arcilla y silicatos diversos. Las materias arenosas y terrosas y la arcilla son productos inertes que no intervienen en la reacción. El carbonato de cal es atacado por el ácido sulfúrico; el ácido carbónico se desprende y se forma sulfato de cal.

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEO  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
ALFONSO REYES  
Año. 1925 MONTEGREY, MEXICO

La magnesia, el óxido de hierro y la alúmina inmovilizan igualmente cierta cantidad de ácido sulfúrico, así como los fluoruros, cuyo ácido fluorhídrico se desprende al estado libre.

Hay, pues, además de la cantidad de ácido sulfúrico que sería teóricamente necesaria para producir el fosfato monocálcico, un consumo de dicho ácido, debido á las materias extrañas, y que constituye una verdadera pérdida que aumenta los gastos de fabricación. Conviene por eso escoger para la fabricación de los superfosfatos los minerales menos cargados de estas materias extrañas.

La composición de los superfosfatos es muy variable en lo que se refiere á la proporción de la cantidad de fosfato soluble y fosfato insoluble. Varía esta composición con la naturaleza de los fosfatos empleados en la fabricación, con el grado de concentración del ácido sulfúrico y con la manera de mezclar el ácido con el fosfato.

Todos los fosfatos no son, en efecto, atacados con la misma facilidad por el ácido sulfúrico; el grado de pulverización, así como la compacidad de la materia, influyen en la rapidez de la acción.

Cuando el ácido no contiene la proporción de agua suficiente no puede verificar íntegra la reacción, puesto que es necesaria cierta cantidad de agua, sea para producir el fosfato de cal monobásico, sea para la hidratación del yeso. Además, los ácidos muy concentrados elevan mucho la temperatura, forman grumos y atacan de un modo desigual.

Si al mezclar el ácido con el fosfato cae el ácido, en ciertos puntos de la masa, en exceso sobre el fosfato, toda la cal se combina al ácido, obteniéndose entonces ácido fosfórico libre que no reacciona más que tardíamente y muy lentamente sobre otras porciones de fosfato no atacado, para producir fosfato monocálcico. Se debe por eso repartir el ácido sulfúrico uniformemente, vertiéndolo poco á poco y con precaución.

*Superfosfatos enriquecidos*—Desde hace algunos años se fabrican en las minas de Cáceres superfosfatos ricos. Se extrae el ácido fosfórico de los fosfatos de ganga silíceas, que no inmovilizan el ácido sulfúrico, y este ácido fosfórico sirve para atacar los fosfatos de ganga calcárea. Se producen así superfosfatos muy concentrados (30 á 35 por 100 de ácido fosfórico soluble) y de gran valor. La preparación de los superfosfatos ricos permite dismi-

nuir los gastos de transporte en proporción de su riqueza en ácido fosfórico.

**Fosfatos precipitados.**—Con el nombre de *fosfatos precipitados* se designan ciertos abonos muy activos, insolubles en el agua, pero solubles en el citrato de amoníaco, que proceden del tratamiento de los huesos ó de los fosfatos naturales, convenientemente pulverizados, por el ácido clorhídrico: la disolución ácida que se obtiene se precipita de una manera fraccionada por una lechada de cal, de modo que quede siempre un exceso de ácido fosfórico; se les lava á la turbina ó en filtro-prensa y, por fin, se les seca á la temperatura más baja posible.

Así, se obtiene una mezcla seca y pulverulenta de fosfato bicálcico y fosfato tricálcico hidratado con débiles cantidades de cloruro cálcico, que se disuelve sin residuo en el citrato de amoníaco alcalino y en frío, salvo la arena y un 1 á 2 por 100 de fosfato tricálcico anhidro. Todo el secreto de esta industria consiste en la precipitación fraccionada de la disolución ácida por una lechada de cal.

El fosfato precipitado contiene de 18 á 40 por 100 de ácido fosfórico soluble en el citrato de amoníaco.

**Retrogradación de los superfosfatos.**—Millot, profesor de la Escuela de agricultura de Grignon, que ha verificado investigaciones muy interesantes acerca de la *retrogradación* de los superfosfatos, observó que 100 kilogramos de polvo de fosfato, que habían producido, después de su tratamiento por el ácido sulfúrico, 160 kilogramos de superfosfato, contenían al final de la operación:

15,70 kilogramos de ácido fosfórico *soluble*.

4 kilogramos de ácido fosfórico *insoluble*.

Pero habiendo analizado este mismo superfosfato seis semanas después, su peso se había reducido á 150 kilogramos, y contenía:

9 kilogramos de ácido fosfórico *soluble*.

10,70 kilogramos de ácido fosfórico *insoluble*.

Es decir, que parte del ácido fosfórico soluble se había transformado en insoluble. Este ácido fosfórico que, después de haberse hecho soluble por la acción del ácido sulfúrico, se convierte en insoluble, se llama ácido fosfórico *retrogradado*. El ácido fosfórico retrogradado es insoluble en el agua, pero muy prontamente soluble en el citrato de amoníaco.

Esta retrogradación es debida á la acción de la cal, del óxido de hierro y de la alúmina que existen en el superfosfato fabricado. Parte del ácido fosfórico soluble en el agua se combina con la cal, con el óxido de hierro y con la alúmina para formar un fosfato bicálcico, un fosfato neutro de hierro y un fosfato neutro de alúmina, insolubles en el agua, pero solubles en el citrato de amoniaco.

La retrogradación consiste, pues, en la transformación de un fosfato monobásico (superfosfato) y por consiguiente soluble en el agua, en fosfato bibásico (retrogradado), soluble en el citrato de amoniaco.

Para mayor claridad veamos lo que sucede al fabricar un superfosfato tomando como primera materia polvo de huesos (fosfato de cal y carbonato de cal).

Al atacar por el ácido sulfúrico este fosfato tribásico de cal, se produce:

- 1.º Acido fosfórico hidratado.
- 2.º Fosfato monocálcico (superfosfato).
- 3.º Fosfato bicálcico retrogradado.
- 4.º Fosfato tricálcico que ha escapado á la acción del ácido sulfúrico.
- 5.º Fosfato tricálcico que puede haberse formado por retrogradación en circunstancias especiales.

Las dos primeras formas se caracterizan por su solubilidad en el agua; el fosfato bicálcico que se forma principalmente en la retrogradación del superfosfato es insoluble en el agua, pero soluble en el citrato de amoniaco; la cuarta forma y la quinta, que es la misma, es insoluble en el agua y en el citrato de amoniaco, pero soluble en los ácidos.

En este caso de fabricación, la retrogradación consiste en la transformación del fosfato monocálcico (superfosfato) en fosfato bicálcico por la acción de la cal del superfosfato fabricado, que se combina con el ácido fosfórico.

Si en vez de tomar como primera materia un fosfato de cal casi puro, como es el polvo de huesos, hubiéramos tomado una fosforita, que, como sabemos, contiene siempre mayor ó menor proporción de óxido de hierro y de alúmina, al atacar este fosfato tribásico de cal por el ácido sulfúrico, se producirían, según Petermann, las siete formas siguientes de ácido fosfórico:

- 1.º Acido fosfórico hidratado.
- 2.º Fosfato monocálcico (superfosfato).
- 3.º Fosfato bicálcico.
- 4.º Fosfato neutro de hierro.
- 5.º Fosfato neutro de alúmina.
- 6.º Fosfato tricálcico, que ha escapado á la acción del ácido sulfúrico.
- 7.º Fosfato tricálcico, que puede formarse por retrogradación en determinadas circunstancias.

Las dos primeras formas se caracterizan, como hemos dicho, por su solubilidad en el agua; el fosfato bicálcico y los neutros de hierro y de alúmina, que se forman principalmente en la retrogradación del superfosfato, son insolubles en el agua, pero solubles en el citrato de amoniaco; los dos últimos son insolubles en el agua y en el citrato de amoniaco, pero solubles en los ácidos.

En este segundo caso de fabricación, la retrogradación consiste en la transformación del fosfato monocálcico (superfosfato) en fosfato bicálcico, en fosfato neutro de hierro y en fosfato neutro de alúmina, por la acción respectiva de la cal, del óxido de hierro y de alúmina existentes en el superfosfato fabricado, que se combinan con el ácido fosfórico. Y en este caso, como en el anterior, la retrogradación consiste, como hemos dicho, en la transformación del fosfato monobásico (superfosfato), soluble en el agua, en fosfato ó fosfatos bibásicos, solubles en el citrato de amoniaco, ó lo que es igual, en la transformación del ácido fosfórico *soluble* en ácido fosfórico *insoluble*.

Conviene, pues, conocer en un superfosfato las proporciones relativas: 1.º, de ácido fosfórico y de fosfato ácido soluble en el agua; 2.º, de ácido retrogradado, soluble en el citrato de amoniaco, igualmente asimilable; 3.º, de ácido fosfórico al estado de fosfato tribásico insoluble. No se tienen en cuenta otros elementos; y por lo general, no se paga más que el ácido soluble en el agua y el ácido retrogradado, es decir, el ácido de los fosfatos solubles en el citrato de amoniaco.

El conocimiento de los fenómenos de retrogradación del ácido fosfórico de los superfosfatos, que acabamos de exponer, es indispensable para determinar el valor agrícola de los diferentes abonos fosfatados.

**Valor agrícola de los abonos fosfatados.**—La forma