

en que el vegetal absorbe del suelo el ácido fosfórico y, por tanto, el valor agrícola de un abono fosfatado, según que contenga el ácido fosfórico dominante en una u otra de las tres formas citadas, ha sido una de las cuestiones relativas á la nutrición de la planta más debatidas y que ha originado mayor divergencia de opiniones entre los fisiólogos y agrónomos contemporáneos.

Hace pocos años todavía, los superfosfatos solamente eran de empleo corriente en agricultura, mientras que los fosfatos naturales eran rechazados. Pero las experiencias numerosas de Jamieson, Grandeau y Petermann han modificado esta manera de ver, y gracias á estos interesantes trabajos, la cuestión del ácido fosfórico ha realizado grandes progresos, hasta el punto de constituir hoy la parte más nueva de la ciencia de la nutrición de la planta.

Esta cuestión del ácido fosfórico, ó mejor dicho la determinación del valor agrícola de los diferentes abonos fosfatados, comprende: 1.º, la comparación del valor agrícola de los superfosfatos y de los fosfatos precipitados; 2.º, la comparación del valor agrícola de estas dos formas de abonos fosfatados con el de los fosfatos naturales.

**Comparación del valor agrícola de los superfosfatos y de los fosfatos precipitados.**—Once ó doce años hace que los directores de las Estaciones agronómicas formaban dos bandos opuestos, constituido el uno por los directores franceses y belgas y por los alemanes el otro, que interpretaban de muy distinta manera el papel fisiológico de las materias fosfatadas y, por consiguiente, el valor agrícola y venal de las diferentes formas en que se encuentra el ácido fosfórico en los abonos fosfatados.

Los primeros, al frente de los cuales se encontraban Grandeau y Petermann, concedían un valor fisiológico igual al ácido fosfórico al estado de fosfato bibásico soluble en el citrato de amoniaco que al ácido fosfórico de los superfosfatos soluble en el agua; la generalidad de los segundos se negaba á admitir esta identidad fisiológica, y algunos de ellos llegaban á no querer tener en cuenta más que el ácido fosfórico soluble en el agua, creyendo que el soluble en el citrato de amoniaco era no sólo de valor fisiológico inferior, sino de valor agrícola insignificante ó casi nulo.

Las causas principales de esta divergencia de opiniones, y de la estimación y exclusivo empleo de los superfosfatos, eran: 1.º, la creencia de que las raíces de las plantas sólo podían absorber los principios nutritivos existentes en el suelo *que fuesen solubles en el agua*; 2.º, el desconocimiento de los fenómenos de retrogradación del ácido fosfórico de los superfosfatos.

Respecto al primer punto, los progresos verificados últimamente por la ciencia de la nutrición de la planta han modificado la creencia, considerada todavía hoy como verdad absoluta por gran parte del mundo agrícola ilustrado, de que la solubilidad en el agua es condición indispensable para que una sustancia sea absorbida por las raíces y, por consiguiente, asimilada por el vegetal. Se creía, en efecto, hasta hace muy poco, y se sigue creyendo todavía por algunos, que el agua es el vehículo indispensable para arrastrar al interior del vegetal todos los materiales nutritivos existentes en el suelo; que las materias sólidas tienen que ser previamente disueltas por el agua que circula por el terreno para poder atravesar las membranas de las células radicales. Pero las experiencias de Th. Way y de otros han comprobado que las materias salinas más solubles en el agua (sales de amoniaco, de potasa, fosfatos alcalinos, etc.) pierden su solubilidad en breve plazo en contacto con el terreno; y que estas materias, que son alimento muy principal de la planta, se combinan con los elementos del suelo, para formar compuestos tan fijos que no pueden disolverlos nuevas cantidades de agua de lluvia; en una palabra, que el suelo tiene un gran poder de absorción para estas materias.

Siendo esto así, ¿cómo pueden pasar al interior del vegetal estos materiales convertidos en insolubles? Las experiencias de Graham, Sachs y otros fisiólogos permiten explicarlo por el fenómeno de la *diálisis*, de la manera siguiente:

Las membranas de las células de la raíz están bañadas interiormente por un líquido de naturaleza ácida, capaz de disolver, á través de dicha membrana, las sustancias sólidas, solubles en dicho líquido, que se encuentran en contacto con la pared externa de la membrana. Esta función, comprobada por numerosas experiencias, en virtud de la cual las materias sólidas del suelo pueden pasar al interior del vegetal sin intervención del agua que bañe las partículas terrosas, ha recibido el nombre de *digestión*

*radicular ó digestión vegetal.* El fenómeno, en efecto, es en esencia análogo al de la digestión animal: el jugo ácido de las raíces, como los jugos del estómago, convierten en solubles y asimilables sustancias que no lo eran; que la función se verifique dentro ó fuera del organismo no afecta á la esencia del fenómeno.

Como se ve, el estado actual de los conocimientos relativos á la nutrición vegetal no permite establecer como condición indispensable de la absorbibilidad, y por tanto de la asimilabilidad de las materias del suelo, la de su solubilidad en el agua. Las experiencias de Liebig sobre el poder absorbente de las tierras, el análisis del agua del suelo y de la de los drenes, los recientes ensayos de Schloësing acerca del empobrecimiento del suelo por los lavados metódicos, y también la comparación entre la cantidad de agua transpirada por una planta y la de los elementos nutritivos absorbidos por ella nos obligan, dice Petermann, á desechar la idea, por largo tiempo predominante, de que los elementos nutritivos de la planta circulan al estado de disolución en el suelo; al contrario, se encuentran, en su mayor parte, al estado insoluble, retenidos previa precipitación química ó por absorción física. Las raicillas de las plantas, cuyas celdillas contienen siempre un jugo de reacción ácida, pueden perfectamente disolver y absorber, merced á estos jugos interiores ácidos, las materias minerales más insolubles en el agua, como el fosfato bicálcico y aun los fosfatos tribásicos de cal y los fosfatos de alúmina y de hierro.

Por el contrario, si existen materias que siendo insolubles en el agua pueden ser asimiladas por las plantas, hay otras que, á pesar de su solubilidad en dicho líquido, no podrían pasar á través de la membrana celular. Ciertas materias orgánicas, tales como el cuero, la lana, etc., contienen, cuando han sido tratadas por el ácido sulfúrico ó por el vapor á presión, una parte de su materia nitrogenada en una forma soluble en el agua (tirosina, leucina, etc.), sin que por nitrificación hayan pasado todavía á la forma amoniacal. Habiendo fracasado toda tentativa ensayada para nutrir con dicho nitrógeno la célula vegetal, podemos considerarlo como no asimilable á pesar de su solubilidad en el agua.

No es, pues, condición indispensable para la asimilación de una sustancia el que sea soluble en el agua. Los conocimientos modernos permiten afirmar que los fosfatos bibásicos y aun los

tribásicos, insolubles ambos en el agua, pueden ser, al igual que los superfosfatos solubles en dicho líquido, absorbidos y asimilados por las plantas. Las opiniones de Grandeau y de Petermann al conceder al ácido fosfórico soluble en el citrato de amoniaco un valor fisiológico igual al del ácido fosfórico soluble en el agua se conformaban, pues, en este punto, con los modernos conocimientos de la nutrición de la planta.

Hemos dicho que otra de las causas de la divergencia de opiniones respecto al valor fisiológico y agrícola de las diferentes formas en que se encuentra el ácido fosfórico en los abonos fosfatados, y del exclusivo empleo de los superfosfatos, era el desconocimiento de los fenómenos de retrogradación del ácido fosfórico de los superfosfatos. Se atribuía al ácido fosfórico soluble en el agua mayor facilidad de difusión en el suelo; pero esta ventaja, como vamos á ver, es ficticia y no debe, por consiguiente, concedérsele ningún valor.

En efecto, después de los trabajos recientemente verificados acerca de las propiedades químicas y físicas del suelo arable, de que ya hemos hecho mención, está fuera de duda que el ácido fosfórico soluble en el agua, es en seguida transformado en el suelo, por retrogradación ó precipitación, en ácido fosfórico soluble en el citrato de amoniaco é insoluble en el agua, es decir, en fosfato retrogradado ó precipitado. Esta conversión del superfosfato en fosfato retrogradado ó precipitado insoluble es originada por la combinación del ácido fosfórico soluble del superfosfato con las bases de cal, alúmina y hierro existentes en el suelo.

La retrogradación ó transformación del ácido fosfórico soluble en el agua de los superfosfatos en fosfato bibásico soluble en el citrato de amoniaco, confirma también las opiniones de Grandeau y de Petermann al conceder al ácido fosfórico soluble en el citrato de amoniaco un valor fisiológico igual al soluble en el agua, puesto que, según vemos, este último se transforma en el suelo en el primero.

El conocimiento de la *digestión radicular* de las plantas y de los fenómenos de la *retrogradación* del ácido fosfórico soluble en el agua, confirmando los resultados de las notables investigaciones de Petermann y de las experiencias llevadas á cabo durante ocho años por Grandeau en Francia, Bélgica y Alemania, encamina-

das á demostrar la identidad fisiológica del ácido fosfórico retrogradado ó del precipitado (bicálcico y tricálcico hidratado) con el soluble en el agua, han conseguido poner de acuerdo las opiniones, y permiten, por consiguiente, establecer:

Que el ácido fosfórico en sus combinaciones insolubles en el agua, pero solubles en el citrato de amoniaco (ácido fosfórico precipitado ó retrogradado, fosfato de cal precipitado, fosfato neutro de alúmina y fosfato neutro de hierro) posee, desde el punto de vista agrícola, un valor apenas inferior, si no igual, al del ácido fosfórico soluble en el agua (ácido fosfórico de los superfosfatos), á lo menos en los suelos arenosos y calcáreos ligeros, y sobre todo en los terrenos turbosos.

Así lo entendió el Congreso internacional de directores de Estaciones agronómicas verificado en Versalles en 1881, al fijar el empleo del citrato de amoniaco alcalino y en frío para el análisis de los superfosfatos minerales, de los superfosfatos de negro animal, de los fosfatos precipitados y de los abonos químicos mixtos; reservando el dosado del ácido fosfórico soluble en el agua para el análisis de los productos que no retrogradan, como el guano del Perú disuelto y el superfosfato de guanos no nitrogenados.

En muchos casos, según Petermann, Fleischer, Maercker, Wagner y otros químicos, el ácido fosfórico precipitado (bicálcico) tiene no solamente un valor agrícola igual, sino superior al del ácido fosfórico soluble en el agua.

La acción de los superfosfatos, dice Wolff, es con frecuencia poco remuneradora en las tierras ligeras y poco absorbentes y en las muy ricas en humus, porque el ácido fosfórico soluble de los abonos se reparte con mucha rapidez, se diluye con facilidad en exceso y hasta puede ser arrastrado por las aguas. Tampoco se manifiestan, por una causa opuesta, los buenos efectos de los superfosfatos en los terrenos muy calcáreos: el ácido fosfórico se hace rápidamente insoluble, formando combinaciones tribásicas que hacen su absorción más difícil. En estos casos es ventajoso suministrar el ácido fosfórico necesario en forma de fosfatos precipitados ó de fosfatos naturales en polvo, es decir, en combinaciones menos fácilmente solubles y sin embargo suficientemente activas. Por el contrario, en las tierras fértiles y propias para el cultivo intensivo el ácido soluble en el agua, y por tanto los su-

perfosfatos, merece la preferencia sobre el retrogradado ó precipitado.

En Alemania, dice Damseaux, el ácido fosfórico retrogradado, completamente despreciado antes, es apreciado hoy en dos terceras partes del precio del soluble en el agua; esta depreciación del ácido retrogradado es debida, en parte, á la costumbre, y además, á que en los suelos buenos, sometidos á un cultivo activo, el ácido fosfórico soluble conserva la superioridad sobre el retrogradado, según resulta de las investigaciones de Joulie.

La conclusión que de lo expuesto hasta ahora puede deducirse respecto al valor agrícola de los diversos abonos fosfatados es, de acuerdo con las experiencias de Wagner y de Ladureau, que se puede admitir para los fosfatos precipitados el mismo valor agrícola que para los superfosfatos, pues las diferencias entre los resultados obtenidos con el empleo del uno ó del otro de estos abonos son tan débiles que es imposible conceder la superioridad á ninguno de los dos.

La ventaja de los fosfatos precipitados sobre los superfosfatos reside en que la transformación de un fosfato tribásico á fosfato precipitado es más completa, da una mayor proporción de ácido fosfórico transformado, es decir, de ácido fosfórico soluble en el citrato de amoniaco, que reduciendo el mismo fosfato tribásico á superfosfato, ó sea transformando su ácido fosfórico en ácido fosfórico soluble en el agua; y considerándose hoy, como hemos dicho, de un mismo valor agrícola ambas formas de ácido fosfórico, puesto que el soluble en el agua retrograda y pasa á ser, no soluble en el agua, sino en el citrato de amoniaco, es decir, á ser ácido fosfórico precipitado, resulta que la industria de los fosfatos precipitados promete mayores beneficios al agricultor y al industrial que la de los superfosfatos.

Así, la fosforita de Cibly (Bélgica), transformada en superfosfato, da, por término medio, 12,90 por 100 de ácido fosfórico soluble en el agua, que á los pocos días retrograda, pierde su solubilidad en el agua y pasa á ser sólo soluble en el citrato de amoniaco; mientras que el rendimiento en ácido fosfórico, del mismo valor agrícola, hubiera sido más del doble habiendo transformado directamente dicha fosforita en fosfato precipitado. Esto último es lo que se hace ya hoy en la explotación de los yacimientos de Mesvin-Cibly, donde se ha desarrollado en grande la

nueva industria de los fosfatos precipitados en sustitución de la de los superfosfatos.

Resulta, por tanto, que un fosfato precipitado bien preparado es mucho más rico que un superfosfato del mismo origen, pero su solubilidad es menor; sin embargo, esta condición, que en general da al superfosfato una superioridad sobre el fosfato precipitado, pues le hace más prontamente asimilable y de efecto más rápido, hace al precipitado inestimable para las tierras ligeras, porque corre menos riesgo de ser acarreado á las capas profundas del suelo.

A igualdad de peso de ácido fosfórico, el precipitado parece resultar un 15 por 100 más económico; su valor nutritivo es apenas inferior en unos casos, en otros mayor, y en general igual al del ácido fosfórico de los superfosfatos. La industria de los fosfatos precipitados merece, pues, tanto en interés de la agricultura como de la industria, preocupar seriamente al químico agrícola. La fabricación industrial de los fosfatos precipitados es el medio de obtener á bajo precio un abono de efecto suficientemente pronto en la mayoría de los casos.

El agricultor deberá, en general, sustituir los superfosfatos por los fosfatos precipitados, y sólo él podrá determinar en qué circunstancias, según la constitución del suelo y el estado de la cosecha, le convendrá emplear los primeros con preferencia á los segundos.

**Comparación del valor agrícola de los superfosfatos y fosfatos precipitados con el de los fosfatos naturales.**—No basta, para llegar á conocer completamente el valor agrícola de los diversos abonos fosfatados y deducir su equivalencia, comparar los fosfatos precipitados con los superfosfatos; es necesario relacionar estas dos formas de abonos con los fosfatos naturales (fosforitas, nódulos y arenas fosfatadas) que, como hemos dicho, eran hasta hace poco rechazados para los usos agrícolas.

Hemos visto que el jugo ácido contenido en las células radicales puede disolver y permite á la planta absorber las materias minerales más insolubles en el agua, como el fosfato bicálcico y aun los fosfatos tribásicos de cal y los fosfatos de alúmina y de hierro y, por consiguiente, los fosfatos naturales. Añadiremos, por otra parte, que el ácido fosfórico soluble de los superfosfatos, cuando

se pone en contacto del suelo, se combina con la cal, la alúmina y el óxido de hierro existentes en el terreno y pasa en muy poco tiempo, no solamente al estado de fosfato bibásico, sino también, en parte, al de *fosfato tribásico y fosfato de alúmina y de hierro*, es decir, al de fosfatos únicamente solubles en los ácidos, como los fosfatos naturales.

No existe, en efecto, suelo suficientemente desprovisto de carbonato de cal, de alúmina ó de óxido de hierro para que el ácido fosfórico soluble en el agua no pase en muy poco tiempo, no solamente al estado de fosfatos bibásicos, sino también, en parte, al de tricálcico y al de fosfato de alúmina y de hierro. En los suelos ricos en cal, el ácido fosfórico soluble se transforma, según ha demostrado Petermann, en fosfato tricálcico.

Estos hechos incontestables, relacionados con los minuciosos análisis practicados por Schloësing en los suelos fértiles, en los que no ha llegado á descubrir más que trazas de ácido fosfórico en disolución, y con la fecundidad de los suelos artificiales preparados por Zöller, Nægelli, Stohmann, etc., en los que no se habían introducido más que fosfatos insolubles, conducen necesariamente, según Grandeau, á la siguiente conclusión: los fosfatos bibásicos y tribásicos son los verdaderos alimentos fosfatados que la planta encuentra en el suelo.

Los fosfatos tribásicos, y por tanto los fosfatos naturales, constituyen, pues, un alimento directo de la planta, es decir, son absorbibles y asimilables, propiedad que hasta hace poco solamente se concedía á los fosfatos ácidos ó monobásicos constituidos por el ácido fosfórico soluble en el agua.

El Congreso internacional de directores de Estaciones agronómicas celebrado en Versalles en 1881 corroboró estas opiniones acordando que en adelante, en los certificados de análisis, los directores de Estaciones agronómicas y de Laboratorios agrícolas expresasen la solubilidad del ácido fosfórico con las expresiones: *ácido fosfórico soluble en el citrato de amoníaco* y *ácido fosfórico soluble en el agua*, según los casos, y no por la de *ácido fosfórico asimilable*. Primero se llamó ácido fosfórico asimilable al soluble en el agua; después se extendió también esta denominación al soluble en el citrato de amoníaco; el Congreso acordó, por fin, eliminarla para una y otra forma, fundándose en la razón siguiente:

«El Congreso piensa, en efecto, que si se llamase asimilable

al ácido fosfórico soluble en el citrato de amoníaco, se clasificarían implícita y necesariamente en la categoría de principios no asimilables fosfatos evidentemente solubles en el suelo, tales como los contenidos en el negro animal, en el guano, en el polvo de huesos, en los estiércoles, y asimismo en los fosfatos fósiles.»

Es decir, se clasificarían como no asimilables fosfatos tribásicos no solubles más que en los ácidos, pero que en el suelo se transforman en absorbibles, y por tanto en asimilables, por la acción de los jugos ácidos contenidos en las células radicales de las plantas.

El reconocimiento de la asimilabilidad de los fosfatos tribásicos á consecuencia de la digestión radicular y el completo estudio de los fenómenos de la retrogradación, en virtud de los cuales el ácido fosfórico soluble pasa en ciertos casos en contacto con el suelo al estado tribásico, ha conducido á comparar el valor fertilizante y las condiciones económicas de los superfosfatos, de los fosfatos precipitados y de los fosfatos naturales, para deducir la conveniencia del empleo, según los casos, de una ó de otra de estas tres formas de abonos fosfatados. De esta comparación se ha deducido que la acción de los superfosfatos, especialmente, y la de los fosfatos precipitados no es superior á la de los fosfatos naturales en la proporción que se creía; esta superioridad es por término medio de un 5 por 100. Consecuencia de esta deducción es el empleo cada vez más creciente de los fosfatos naturales pulverizados, antes menospreciados en agricultura, y la tendencia á sustituir en el gran cultivo, por consideraciones económicas, los superfosfatos por los fosfatos naturales.

Esta sustitución puede verificarse con ventaja cuando no sea preciso que el efecto del abono fosfatado sea inmediato; pues los fosfatos naturales pulverizados son mucho más lentamente atacados y disueltos por los agentes de disolución existentes ordinariamente en el suelo que los superfosfatos y fosfatos precipitados; la acción de éstos, especialmente la de los superfosfatos, es más pronta, más viva, más rápida, porque como han sido previamente disueltos por acciones químicas, se hallan en un estado de tenuidad imposible de obtener por ningún medio mecánico, y por consiguiente su asimilabilidad se verifica con más prontitud. El fosfato soluble que retrograda pasa al estado gelatinoso, dice Proost; en este estado es fácilmente disuelto por los bicarbona-

tos existentes en el suelo. Donde no sea precisa esta acción inmediata, conviene emplear los fosfatos naturales, mucho más baratos, pues la intervención de los ácidos en la preparación industrial de los superfosfatos eleva naturalmente el precio del abono: el kilogramo de ácido fosfórico que los superfosfatos contienen, cuesta hoy á 60 ó 70 céntimos, y el de los fosfatos naturales á 25 ó 30 solamente; la diferencia de precio entre el kilogramo de ácido fosfórico del superfosfato y el kilogramo de ácido fosfórico del fosfato natural es, pues, superior en 100 por 100.

Veamos, en comprobación de lo que hemos dicho acerca del valor fertilizante de los fosfatos naturales comparado con el de los superfosfatos y fosfatos precipitados, las opiniones sobre este asunto de Jamieson y de Grandeau, cuyas experiencias, como dijimos, han modificado profundamente las opiniones antes dominantes acerca del papel fisiológico y del valor agrícola de las diferentes formas de abonos fosfatados.

De las investigaciones del Dr. Jamieson resulta:

- 1.º Los fosfatos minerales empleados solos tienen una influencia muy marcada en el aumento de los rendimientos.
- 2.º El valor fertilizante del fosfato mineral insoluble es igual al de fosfato animal insoluble.
- 3.º El fosfato soluble en el agua (superfosfato) no es superior, como acción, al fosfato tribásico en la proporción que se admite generalmente. (Según Jamieson, esta superioridad es, en la mayor parte de las cosechas, de 7 por 100 próximamente; pero las experiencias verificadas por Grandeau en la Estación agronómica del Este de Francia no han dado más que un 4 por 100 para un período de ocho años.)
- 4.º El fosfato precipitado ha dado rendimientos superiores en un 6 por 100 próximamente á los suministrados por el fosfato tribásico. (Es decir, que la superioridad de los fosfatos precipitados con respecto á los fosfatos naturales, es un 1 por 100 menor, según Jamieson, que la de los superfosfatos.)

Estas conclusiones, dice Grandeau, que confirman el hecho importante de la casi identidad del ácido bibásico (fosfato precipitado y de los superfosfatos, se aproximan mucho á las que yo he deducido de mis ocho años de experiencias. La consecuencia general de los ensayos de Aberdeen es que el fosfato tribásico (fosfatos naturales) en polvo fino es el manantial de ácido fosfó-

rico más económico para el agricultor. Estamos, pues, absolutamente de acuerdo Mr. Jamieson y yo, añade Grandeau, sobre el hecho económico muy importante de que es necesario llegar á sustituir, en el gran cultivo, con los fosfatos minerales brutos en polvo los superfosfatos, infinitamente más caros.

Mi convicción, sigue Grandeau, fundada en el estado natural de los fosfatos en el suelo, en los conocimientos que poseemos de la nutrición de los vegetales, y especialmente de la penetración por *diálisis* de las materias no disueltas (sólidas) del suelo en el interior del vegetal, y, en fin, en las experiencias que he llevado á cabo, convicción absolutamente fijada, es:

Que la industria de los superfosfatos no será duradera: llegará un momento, cuando las nociones exactas sobre la nutrición de las plantas y sobre el papel de las materias fertilizantes se hayan difundido lo suficiente, en que el agricultor inteligente, que pueda hacer algunos adelantos al suelo, renunciará completamente á comprar superfosfatos, es decir, fosfatos más una sustancia que triplica su precio sin poseer acción fertilizante: el ácido sulfúrico.

Empleará fosfatos precipitados ó bien fosfatos tribásicos naturales en polvo fino y á altas dosis, mezclados con los estiércoles, obteniendo á mucho más bajo precio que con los superfosfatos los mismos rendimientos.

Las regiones desprovistas de carbón, y ricas al mismo tiempo en yacimientos de fosfatos tribásicos, *la España notablemente*, pueden encontrar en la sustitución de los superfosfatos por el empleo directo de los fosfatos tribásicos en polvo fino una fuente de riqueza agrícola é industrial de primer orden.

El porvenir parece reservar un papel agrícola importante á los fosfatos minerales empleados directamente como abono fosfatado, lo contrario de lo que ocurrirá con los superfosfatos, tres veces más caros que aquéllos.

Para terminar con lo relativo á la comparación del valor agrícola de los superfosfatos y fosfatos precipitados con el de los fosfatos naturales, citaremos la opinión de J. Raulin, quien dice que de los resultados obtenidos sobre el trigo y el maíz se puede llegar á la siguiente conclusión: los abonos fosfatados con ácido fosfórico insoluble, tales como los fosfatos fósiles, pueden ser utilizados como los superfosfatos y los fosfatos precipitados de

la industria, bajo la condición de que en el primer año se empleen en una dosis igual á 5 ó 6 veces la dosis acostumbrada.

Las conclusiones que se deducen de nuestro estudio respecto al valor agrícola de los diferentes abonos fosfatados (superfosfatos, fosfatos precipitados y fosfatos naturales) son las siguientes:

1.<sup>a</sup> La solubilidad en el agua no es condición indispensable para que una sustancia existente en el suelo sea absorbida por las raíces y, por tanto, asimilada por el vegetal. Las células radicales contienen jugos ácidos que pueden disolver á través de su membrana y convertir en asimilables las materias sólidas insolubles en el agua y solubles en dichos jugos existentes en el suelo como los fosfatos bibásicos (fosfatos precipitados) y aun los tribásicos y los de alúmina y de óxido de hierro, y, por consiguiente, los fosfatos naturales.

2.<sup>a</sup> El ácido fosfórico soluble en el agua de los superfosfatos retrograda en contacto del suelo, se combina con la cal, alúmina y óxido de hierro, y pasa no solamente al estado de fosfato bibásico soluble en el citrato de amoniaco é insoluble en el agua, sino también al de fosfato tribásico y fosfatos de alúmina y de hierro, es decir, al de fosfatos solubles únicamente en los ácidos, como los fosfatos naturales.

3.<sup>a</sup> El ácido fosfórico en sus combinaciones insolubles en el agua, pero solubles en el citrato de amoniaco (fosfato de cal precipitado) posee, desde el punto de vista agrícola, un valor casi igual al del ácido fosfórico soluble en el agua (ácido fosfórico de los superfosfatos). Se puede, pues, admitir para los fosfatos precipitados el mismo valor agrícola que para los superfosfatos. Los superfosfatos son más fácilmente solubles y asimilables, y de efecto más rápido por consiguiente; los fosfatos precipitados son mucho más ricos en ácido fosfórico que los superfosfatos del mismo origen, y por tanto más baratos. El agricultor debe, pues, en general, sustituir los superfosfatos por los fosfatos precipitados, y observar en qué circunstancias le convendrá emplear los primeros con preferencia á los segundos.

4.<sup>a</sup> Los fosfatos tribásicos, y por lo tanto los fosfatos naturales, son absorbibles y asimilables, constituyen por lo mismo un alimento directo para la planta y tienen una influencia muy marcada en el aumento de los rendimientos.