

Prof. Doctor Argeo Angiolani

Química y agricultura



A vida física sólo es posible para el hombre, porque la tierra es capaz de producir directamente (con los vegetales) e indirectamente (con los animales que permite criar) todos los alimentos que necesita para vivir.

Entre estos alimentos también debe incluirse el oxígeno que las plantas continuamente producen y emiten por medio de las hojas, y que sirven para mantener constante la proporción de este vital elemento en el aire.

Pero no solamente los alimentos produce la tierra, pues por medio de ella la pródiga naturaleza crea otros materiales indispensables al hombre: para vestirse (con las fibras textiles), para calzarse (con la piel de los animales), para defenderse del frío y de la intemperie (con la madera), y una gran cantidad de otros productos que él usa como materias primas para numerosas fabricaciones.

Esta es la razón de por qué la Agricultura es la industria fundamental para la vida del hombre, porque ninguna otra puede sustituirla; y el bienestar que ella

produce a los pueblos es aquel bienestar sano y natural, sin lujos y sin exageraciones, como aquél que la salud da a los hombres. O sea, no tiene el defecto de la artificialidad como el que proviene de todas las otras industrias, y es por esto que un país que posee una floreciente agricultura no tiene nada que temer, ya que ella constituye una garantía para la conservación de la vida material en plena eficiencia.

Todos estos méritos de la agricultura han sido comprendidos en todos los tiempos por todos los pueblos de la tierra, que le han dedicado grandes esfuerzos para favorecer su progreso. Por estas razones la agricultura es la más antigua industria creada por la civilización, y sus orígenes se pierden en la obscuridad de los siglos, junto con los orígenes de la civilización misma.

Que la agricultura haya ocupado un lugar muy importante en las épocas antiguas históricamente más conocidas, lo demuestran las obras que hasta nosotros han llegado de las civilizaciones egipcia, griega y romana.

Así, es de todos conocido el poema «Las Geórgicas», del gran poeta latino Virgilio, que vivió en Roma en la época del emperador Augusto, cuyo bimilenario se celebró hace cinco años en mi Italia. En este poema Virgilio canta y glorifica las bondades de la agricultura, y hace un elogio de la vida campestre.

A través de este poema nos da a conocer cómo se practicaba la agricultura en Italia en el siglo primero ante de Cristo, y la gran importancia que tenía ante el Estado y pueblo, y su progreso relativo a los cono-

cimientos científicos que entonces se poseían. Basta decir que ya se empleaban los abonos, sean orgánicos como el estiércol, sean inorgánicos como las cenizas de las plantas, para aumentar la producción agraria, y tantas otras prácticas que permanecieron inalterables en la técnica agrícola hasta hace un siglo, fecha en que la agricultura experimentó la influencia de la ciencia moderna.

Es interesante definir ahora a qué categoría industrial pertenece la agricultura dentro de la moderna clasificación científica, o sea investigar la naturaleza de esta importantísima industria bajo el punto de vista de la ciencia moderna.

Para poder llegar a esta definición, bastan pocas consideraciones, que son las siguientes.

En primer lugar, los productos de la agricultura tienen valor para el hombre, sea que los utilice directamente para alimentación, o los use como materia prima industrial, sólo por la gran cantidad de compuestos químicos definidos que ellos contienen: albúmina, hidratos de carbono y grasas para los alimentos; celulosa, tanino, gomas, materias colorantes, esencias, ácidos orgánicos, alcaloides, etc., para los otros productos.

Así, la harina de trigo, el vino, la betarraga y la madera, considerada como materia prima para la fabricación del papel, poseen un valor, teniendo en vista su utilización proporcional a la cantidad de almidón, de albúmina, de alcohol, de azúcar, de celulosa que contengan, respectivamente. Por esta razón, si un agricultor se dedica al cultivo de la betarraga, tratará no so-

lamente de obtener la máxima cantidad de betarragas por hectárea, sino que también se interesará para que éstas contengan la máxima cantidad de azúcar.

Como puede observarse, el criterio agrícola es análogo al de las industrias químicas.

Además, los métodos y medios de investigación para estudiar los fenómenos que se explotan en esta industria, o sea los fenómenos que tienen lugar en el interior de las plantas, en los terrenos agrarios y sus correlaciones; los métodos y los medios que se emplean para promover, estimular y disciplinar la producción agraria, son netamente químicos.

De todo esto se debe entonces deducir que la agricultura es una industria esencialmente química.

Tan cierto es esto, que la agricultura permaneció en el estado que se encontraba hace 30 siglos, hasta que la química—ciencia relativamente joven, que nace a fines del ochocientos—no estuvo en condiciones de suministrarle los medios necesarios para su progreso.

En efecto, ¿cómo podía progresar la agricultura sin el exacto conocimiento de los fenómenos que se desarrollan en el interior de las plantas y de aquéllos que regulan las relaciones entre las plantas y el terreno agrario? ¿Cómo podía suplir la simple, aunque milenaria observación empírica de las generaciones de agricultores, a la compleja y delicada investigación de fenómenos prevalentemente químicos, como son los que respectan a la agricultura?

He aquí por qué pudo librarse de los errores mile-

narios, solamente cuando los químicos del siglo pasado aplicaron sus métodos de estudio a la resolución de los problemas agrarios.

Fué así como cayó la errada y secular teoría del humus, según la cual se creía que las plantas extraían sus alimentos del complejo de sustancias orgánicas presentes en el terreno, mientras el terreno mismo sólo representaba un soporte inerte y sin importancia, lo que no responde en nada a la realidad.

De Saussure en 1804, Boussingault y Dumas pocos años después, demostraron que las plantas producen las sustancias orgánicas por simple asimilación de anhídrido carbónico del aire a través de las hojas sometidas a la acción de la luz solar, y en presencia del agua que absorben por medio de las raíces.

Liebig en 1840 completó los conocimientos sobre la nutrición de las plantas, precisando las funciones de las sustancias minerales en ellas, y demostrando que su presencia en los tejidos vegetales no era casual, sino debido a la necesidad que las plantas tienen de ellas para vivir. Se desprendía como consecuencia que para obtener continuamente de la tierra buenos cultivos, era necesario proporcionar a las plantas, en modo, tiempo y cantidad convenientes, las sustancias minerales indispensables a su vida.

Las bases científicas de la agricultura eran así, por obra de la química, definitivamente echadas, abriéndose de este modo el camino a la técnica de la fertilización, por medio de la cual se hacía posible el resurgir-

miento de la agricultura intensiva, que debía salvar por siempre a los pueblos de la calamidad de las grandes carestías.

* * *

Estas bases pueden compendiarse, en lo que se refiere a la vida fisiológica de los vegetales, en los siguientes hechos fundamentales.

Las plantas son organismos vivos, que para cumplir el ciclo evolutivo de su vida necesitan nutrirse, así como, por la misma razón, necesitan nutrirse los animales.

En el período de tiempo transcurrido desde el momento en que la nueva plantita se ha transformado de semilla hasta hacerse visible con sus hojas, su tallo y sus raíces; se nutre a expensas de las substancias que constituyen la semilla; cuando está ya formada, se encuentra en estado de extraer de la atmósfera por medio de las hojas, y del terreno por medio de las raíces, el alimento necesario para crecer y desarrollarse.

¿Cuáles son las substancias necesarias a las plantas para vivir, además del agua, indispensable porque representa el vehículo distribuidor de alimentos, y del oxígeno imprescindible para la respiración?

Ellas son: el carbono, el nitrógeno y numerosas substancias minerales que son compuestos derivados de una docena de elementos, los más importantes de los cuales son: el fósforo, el potasio, el calcio, el magnesio y el hierro.

El carbono es suministrado a las plantas por el anhídrido carbónico atmosférico; proviene de la respiración de los animales y de las combustiones de toda categoría de combustibles. El es absorbido por las hojas que, por la presencia de la clorofila (la substancia verde que se encuentra en ellas) que contienen, y bajo la acción de la luz solar, lo combinan con el agua absorbida por medio de las raíces.

La combinación química que tiene lugar produce un compuesto orgánico sencillísimo: el aldehído fórmico, y además oxígeno; el aldehído fórmico se polimeriza inmediatamente, o sea varias moléculas se unen para dar origen a la glucosa, que constituye el material inicial por la formación de otros azúcares, y por último, del almidón y de la celulosa.

El oxígeno se desprende en el aire.

Debemos observar que esta reacción fundamental para la vida de las plantas es endotérmica, o sea que para producirse necesita absorber energía; energía que es suministrada por la luz.

De este modo la energía química de los productos que se forman en las plantas y que nosotros utilizamos con los alimentos y con los combustibles de origen vegetal, no es otra cosa que la energía luminosa que las plantas han sabido captar de las radiaciones solares.

El hecho es verdaderamente maravilloso; y es de anhelar que el hombre pueda llegar algún día a emular lo que realiza la naturaleza a través del proceso clorofílico, porque entonces la vida sería sumamente fácil.

El nitrógeno llega a las plantas principalmente de los compuestos amoniacales y nitrogenados que se encuentran en el terreno; sólo algunas plantas, las leguminosas, pueden utilizar indirectamente el nitrógeno del aire debido a la acción de bacterias especiales que residen en las raíces y que transforman el nitrógeno atmosférico en nitratos.

Proviene igualmente del terreno todas las otras sustancias necesarias para la nutrición de las plantas, y que éstas absorben por medio de un proceso químico que tiende a solubilizarlas cuando no están disueltas en el agua que circula en los terrenos agrarios.

Por esta función las plantas producen un jugo ácido capaz de atacar las sustancias sólidas con efectos más o menos profundos según sea su naturaleza.

Todas las sustancias minerales y mineralizadas, como los fosfatos, los nitratos, las sales amoniacales, las sales de potasio, se encuentran normalmente en los terrenos agrarios en proporción más o menos bastante por el desarrollo de la vida vegetal; en estas condiciones los terrenos poseen las cualidades fundamentales por ser considerados fértiles.

Es necesario tener presente que la fertilidad de los terrenos depende también de las condiciones físicas en que se encuentran, y de la acción del clima.

Aunque un terreno sea fértil, como con los cultivos se substraen continuamente las diversas sustancias que contiene, es lógico que después de cierto tiempo, éste debe contener inevitablemente una cantidad de sustan-

cias insuficientes para las necesidades de las plantas, y será necesario, por consiguiente, devolverlas.

Las sustancias que se agregan al terreno para reconstituir las condiciones de fertilidad, se llaman abonos.

Los abonos tienen como finalidad proveer y entregar al terreno las sustancias necesarias que no se encuentran en él en cantidad suficiente; y para apreciar la necesidad de abonos hay que tener presente tanto la composición química de los terrenos, como las necesidades particulares en sustancias nutritivas de cada planta, porque no todas las plantas se comportan del mismo modo en su nutrición. Sin embargo, puede decirse que los elementos de las plantas más cultivadas (cereales, legumbres, papas, forrajes, etc.), extraen preferentemente del terreno, son: el nitrógeno, el fósforo, el potasio y el calcio.

Son entonces los compuestos de estos elementos las sustancias que en mayor cantidad deben ser restituidas a los terrenos agrarios bajo la forma de abonos.

Pero no debe creerse con esto que pueda descuidarse en los terrenos la presencia de las sustancias necesarias en menores proporciones para la vida de las plantas, porque desde los primeros años en que pudo estudiarse, por medio de numerosas y cuidadosas experiencias, las relaciones de causa y efecto en el empleo de los abonos, se observó que la acción de los elementos que las plantas necesitan en menor proporción, es de la misma importancia como la de los otros.

Precisamente, se ha constatado que si las plantas no

encuentran en los terrenos estos elementos en cantidad suficiente, las plantas sufren igualmente como en el caso de la insuficiencia de los elementos necesarios en mayor proporción. Además, la insuficiencia de cualquier elemento en el terreno, no puede ser compensada para la abundancia también de todos los otros. De aquí la necesidad que el terreno contenga todos los elementos necesarios a la vida de las plantas, en armónica proporción.

Es ésta la conocida «Ley del mínimo» que posee una inmensa importancia para la práctica y la economía de la fertilización. Esta ley dice que la eficacia de los abonos depende de la proporción del elemento más escaso en el terreno, y es ella la que regula los cultivos.

Por lo tanto es inútil, fertilizar abundantemente con substancias nitrogenadas o cualquiera otras, si en el terreno escasea el fósforo o la cal y no se añade al terreno o fósforo o cal. De aquí la enorme importancia que posee el conocimiento del contenido en elementos fertilizantes de los terrenos agrarios. Pero debe tenerse presente que no es indiferente la forma química bajo la cual estos elementos pueden encontrarse en el terreno, debido a que las plantas asimilan en proporción variable un mismo elemento, según la naturaleza de sus compuestos. Por ejemplo, el nitrógeno es mejor asimilado por las plantas bajo la forma de nitrato y menos como sal amoniacal. El fósforo es asimilado en mayor proporción como fosfato; el potasio como sulfato o nitrato; y el calcio, bajo la forma de carbonato, etc.

Se desprende de esto que un elemento que en cantidad absoluta se encuentra suficientemente en el terreno agrario, debe ser considerado relativamente escaso por estar presente en forma poco asimilable para las plantas; y esto se debe tener en cuenta al aplicar la ley del mínimo.

De todo lo que se ha dicho resulta evidente la importancia del conocimiento químico de los terrenos agrarios, en su aspecto cuantitativo y también cualitativo.

Conociendo la cantidad de elementos fertilizantes presentes en el terreno agrario y la forma química como se encuentran combinados, y considerando también la cantidad que de estos elementos extrae la planta que en él se cultiva, puede calcularse en qué grado es necesario el empleo de los abonos.

Resulta por otra parte evidente que el conocimiento de la naturaleza química de un terreno agrario, no sólo permite regular del modo más conveniente la aplicación de los abonos, sino que permite elegir también la clase de plantas que más se adapten a su naturaleza.

La armónica proporción de elementos fertilizantes en un terreno agrario—que tan pocas veces se encuentra en la naturaleza—posee una eficacia tal sobre el crecimiento y el vigor de las plantas, y la abundancia de las cosechas, que verdaderamente impresiona.

Las cosechas llegan hasta a quintuplicarse, y este efecto lo hemos visto realizarse en algunas partes de Italia, en donde terrenos que producían 12—15 quintales de trigo por hectárea, llegaron a producir, en las me-

jores condiciones de clima y de irrigación, hasta 75 quintales por hectárea.

He ahí el motivo de la famosa «Batalla del Trigo» ordenada en Italia por Mussolini, con el objeto de colocar al país en condición de producir todos los ochenta millones de quintales métricos que necesita, sin aumentar la superficie destinada al cultivo del trigo.

En esta batalla se han puesto en acción todos los medios que la ciencia y la técnica poseen, para crear una agricultura absolutamente racional, necesaria en un país, que como Italia, sólo dispone de 150,000 Km.² de terrenos cultivables, para nutrir 44 millones de habitantes.

Esta batalla, que fué combatida con entusiasmo de todos los italianos, fué ganada completamente, como puede observarse de que con la misma superficie cultivada de trigo—cerca de 4 y medio millones de hectáreas—de los cuales antes se obtenían cerca de 50 millones de quintales métricos de trigo, ahora se obtienen cerca de 80 millones de quintales!

Para completar este aspecto del argumento diremos que si con el abono bien apropiado cualitativa y cuantitativamente de los terrenos, se obtienen aumentos en la proporción de las cosechas, este aumento no es continuamente proporcional a la cantidad de abonos empleados por unidad de superficie cultivada, porque la proporcionalidad existe hasta un cierto límite.

Precisamente, los aumentos de producción resultan crecientes para dosis crecientes de fertilizantes al comien-

zo, disminuyendo a continuación, hasta un límite tal en que una mayor cantidad de fertilizante no produce ningún aumento en la cosecha

El proceso del incremento de la producción en relación con las dosis de fertilizantes empleadas se expresa por medio de una ley natural que puede indicarse matemáticamente.

Pero en la práctica el incremento de la producción no es el único factor que debe considerarse para apreciar la conveniencia del abono. También es necesario tomar en cuenta el gasto para adquirirlo y para aplicarlo en el terreno.

La conveniencia del empleo de un abono existe solamente cuando el valor del incremento de la producción debida a los fertilizantes es superior al valor de los gastos necesarios para su adquisición y reparto en el terreno.

* * *

Examinamos ahora un poco más de cerca el terreno agrario, cuya importancia es fundamental para la vida de las plantas.

Antes de todo debemos decir que de un terreno agrario se debe considerar como parte activa, la superficial, hasta 30—40 cm. de profundidad más o menos, la cual está formada de partículas que tienen dimensiones inferiores a dos milímetros de diámetro, porque las partículas de dimensiones mayores constituyen

una parte inútil para los efectos de la nutrición de las plantas, y es por esta razón que recibe el nombre de esqueleto.

La tierra fina, o sea aquélla que puede pasar a través de un tamiz de malla redonda de 2 mm. de diámetro, se reconoce por medio de un análisis sumario y se observa que está formada por los siguientes constituyentes: ARENA, ARCILLA, CALCAREO, HUMUS.

La arena está constituida por sílice y silicatos, bajo la forma de granitos más o menos redondeados, y normalmente se encuentra en los terrenos agrarios en cantidad superior a los otros componentes.

La arcilla es un silicato hidratado de aluminio, que pasa fácilmente en suspensión en el agua en forma de partículas pequeñísimas de diámetro inferior a un centésimo de milímetro. Ella posee las propiedades de las sustancias coloidales, y es por esta razón que en contacto con el agua aumenta de volumen notablemente, se vuelve compacta y retiene el agua absorbida.

En presencia de sales, las partículas de arcilla que se encuentran en suspensión en el agua se coagulan en coágulos de magnitud variable que depende de la naturaleza de las sales.

El calcáreo es carbonato de calcio y se encuentra en partículas más o menos pequeñas totalmente mezclado con los otros constituyentes; es una sal cuya influencia sobre la coagulación de la arcilla es grandísima.

El humus se encuentra formado por una mezcla

compleja de sustancias orgánicas, proveniente de la descomposición de todo el material de origen orgánico presente en el terreno. Es una sustancia de propiedades coloidales, y se halla siempre en pequeña proporción en los terrenos agrarios.

Las diversas sales de calcio, de potasio, de magnesio, de hierro, etc., se encuentran íntimamente mezcladas a a estos constituyentes.

Según la preponderancia de uno de los cuatro constituyentes, los terrenos agrarios se distinguen en: arenosos, arcillosos, calcáreos y húmicos.

Para que las plantas puedan vivir es necesario no solamente que el terreno agrario contenga todos los elementos que sirven para su nutrición; también es necesario que el agua y el aire puedan circular bien, y que el terreno, bajo la acción de los rayos solares, pueda alcanzar fácilmente la temperatura necesaria para la vida de las plantas.

Estas condiciones se realizan de diferente manera, según sea la naturaleza del terreno; así, mientras en las tierras arenosas existe demasiada permeabilidad para el agua y para el aire, que desaparecen rápidamente, en los terrenos arcillosos sucede lo contrario, o sea, debido a la poca permeabilidad, el agua se estanca fácilmente produciéndose una mala circulación de agua y de aire, cuyas consecuencias son sufridas por las plantas, que no pueden nutrirse regularmente.

Un buen terreno agrario debe contener en proporción descendente: arena, arcilla, calcáreo, y humus, de

manera que presente las mejores condiciones para la vida de las plantas.

Esto no siempre se encuentra en la naturaleza, pero siempre es posible intervenir para corregir convenientemente la constitución del terreno. Así una tierra arcillosa se corrige bien con calcáreo, o sea piedra caliza en polvo.

Una de las propiedades más características de los terrenos, es absorber y retener las sales disueltas en las soluciones que en ellos circulan: la absorción representa una propiedad electiva frente a varias sales, o sea los terrenos agrarios no retienen en forma uniforme estas sales, sino de preferencia algunas de ellas, o simplemente la base (catión) o el ácido (anión).

Este poder absorbente es una defensa natural de los terrenos frente a la posibilidad de que las sales que se encuentran en ellos, si son solubles en el agua se pierdan, debido al escurrimiento del agua de las lluvias.

Esto nos asegura que las sales empleadas como abonos, tendrán acción, pero hay algunas que son poco absorbidas, y entre ellas se deben recordar los nitratos y los cloruros, de los cuales el terreno retiene sólo los cationes, o sea las bases.

Todo esto debe ser tenido muy en cuenta, pues sería un grave error poner como abono el nitrato de sodio, por ejemplo, en otoño, o sea durante la época de las lluvias, pues en lo que se refiere al nitrógeno, el efecto sería nulo perdiéndose todo al ser arrastrado por el agua de las lluvias.

En cambio, quedaría retenido y absorbido el sodio que no sólo es inútil para las plantas, sino también perjudicial.

Entre los constituyentes del terreno tienen especial importancia el humus y el calcáreo.

La presencia del humus es importante por cuanto asegura las posibilidades de vida de las numerosísimas bacterias y microorganismos que abundan en todos los terrenos agrarios a razón de decenas de millones por cada gramo de tierra, y cuya función es la de contribuir a la transformación de las sustancias que forman los terrenos, hasta hacerlos eficaces para la nutrición de las plantas.

Son ellos los que transforman las sales amoniacaes en nitrato, que representa la forma bajo la cual el nitrógeno sirve para la nutrición de la planta, puesto que de la descomposición de las sustancias nitrogenadas, como ser, los excrementos animales que se alteran al ser abandonados en el terreno, se forman primero, compuestos amoniacaes; puede verse en todo esto una cuidadosa defensa de la naturaleza para que el nitrógeno, que es un elemento precioso en la nutrición de las plantas, no se desperdicie.

Deberán entonces ponerse abonos amoniacaes en otoño, sea porque el ion amonio es absorbido y retenido por el terreno y no existe peligro de perderlo, sea porque la transformación de las sales amoniacaes en nitratos, por obra de los microorganismos, requiere cierto tiempo para efectuarse.

Otra función muy importante desempeñan algunos microorganismos que se encuentran siempre en los terrenos agrarios, es la de permitir a algunas especies de plantas—las leguminosas—de transformar el nitrógeno del aire en compuestos nitrogenados que son depositados especialmente en forma de nudos en las raíces. De este hecho deriva la costumbre agrícola de dejar en el terreno las raíces de las leguminosas, porque sirven de abono nitrogenado para el cultivo de otras plantas.

Para que la flora bacteriana pueda prosperar en el terreno y prestar utilísimos servicios a la nutrición de las plantas, es necesaria la presencia de cierta proporción de humus; también es necesaria la presencia del calcáreo para asegurar que el terreno presente siempre reacción químicamente neutra o ligeramente básica, pues en medio ácido los microorganismos no podrían vivir. Además, es necesario advertir que en los terrenos ácidos las plantas tampoco pueden vivir ni desarrollarse bien.

Esto demuestra la esencial importancia del calcáreo y también de la cal, porque calcáreo y cal tienen la misma acción frente de la acidez, por la vida de los microorganismos del terreno agrario y por la vida de las plantas; en segundo lugar, provocando el calcáreo la coagulación de la arcilla, aumenta la permeabilidad de los terrenos para el agua y para el aire.

El estudio de la acidez de los terrenos agrarios tiene entonces la más grande importancia práctica para la agricultura, y ha podido ponerse en completa evidencia

solamente en estos últimos diez años, después que los progresos de la química-física permitieron crear métodos sensibilísimos de determinación de la acidez, y así se ha podido encontrar la verdadera razón por la cual tantos terrenos no son aptos para el cultivo, porque aun siendo ligeramente ácidos frente a los métodos antiguos de determinación de la acidez, se ha podido constatar que lo son en medida superior a aquéllas soportadas en el desenvolvimiento de la vida vegetal.

Las valorizaciones químico-físicas de la acidez se hacen determinando la concentración de los iones hidrógenos, las que se expresan con el símbolo pH.

La experiencia ha demostrado que cuando el valor de pH de acidez de los terrenos agrarios es inferior a 5 (es de notar que el pH es una expresión de función logarítmica), aun representando esta una acidez despreciable al calcularse por medio de la neutralización con bases, es aun suficiente para obstaculizar la vida de las plantas.

Los terrenos se vuelven ácidos cuando son pobres en calcáreo, por lo que los terrenos arcillosos se vuelven fácilmente ácidos; en este caso el correctivo es la cal, por razones químicas y físicas, como ya se ha dicho.

• • •

Los abonos que se emplean en la práctica agraria se pueden dividir en dos grupos: los de naturaleza orgánica y los de naturaleza mineral.

Entre los primeros el más importante es el formado por las deposiciones animales—estiércol de establo—que debe sus propiedades fertilizantes a las sustancias nitrogenadas, a los fosfatos y a las sales potásicas que contiene; además debido a su riqueza en residuos orgánicos y en microorganismos, sirven óptimamente como productores de humus.

Las deposiciones bovinas y equinas contienen, por término medio, un 5 por mil de sustancias nitrogenadas (como nitrógeno); 2-3 por mil de fosfatos (expresados en anhídrido fosfórico); 7-8 por mil de sales potásicas (expresadas en óxido de potasio); y de 150 a 250 por mil de residuos orgánicos.

Dado el bajo contenido en nitrógeno, fósforo y potasio, las deposiciones animales no son muy indicadas para abastecer por sí solas, al terreno, de los elementos necesarios, sea porque se necesitarían grandes cantidades, sea porque se malgastaría alguno de los elementos, debido a que la cantidad de nitrógeno, fósforo y potasio contenida en las deposiciones, no es la misma que necesita el terreno.

Sin embargo, se debe observar que empleando el estiércol a razón de 500 quintales métricos por hectárea se obtiene un buen abono nitrogenado y potásico, pero escaso desde el punto de vista de los fosfatos.

Debe agregarse que la alcalinidad de las deposiciones animales resulta muy benéfica por su acción neutralizadora de la acidez en muchos terrenos agrarios.

Los antiguos no se habían equivocado al glorificar el

poder benéfico de las deposiciones animales sobre la vegetación. Pero la interpretación que daban era errada.

Se comprende que para efectuar un abono racional, es necesario emplear, junto con las deposiciones animales; sustancias minerales nitrogenadas, fosfatadas y potásicas, y eventualmente cálcicas.

Las sustancias mencionadas se encuentran, en parte, en la naturaleza, y en parte es necesario fabricarlas con los métodos enseñados por la química.

Pero también se hace necesario intervenir químicamente sobre las sustancias naturales para volverlas más aptas a la finalidad que deben cumplir, pues no se debe olvidar que para abastecer al terreno de un elemento dado, no se puede emplear un compuesto cualquiera de este elemento, sino el más conveniente para ser asimilado por las plantas.

Como sustancia nitrogenada mineral sólo se encuentra el nitrato de sodio en los yacimientos chilenos; como sustancia fosfatada mineral, se encuentra la fosfarita abundantemente esparcida en el norte de Africa; y como sal potásica, la de Stassfut, en Alemania. Proveedores de fosfatos son también los huesos animales y de sales potásicas las cenizas vegetales.

Estas son las materias primas utilizadas en las industrias de abonos químicos que, hacia el año 1850, comenzó a difundirse por todo el mundo y que ha alcanzado hoy en día un desarrollo imponente. Millares de fábricas, millones de obreros y empleados, centena-

res de millones de toneladas métricas de producción y millares de millones de pesos invertidos.

A las materias primas conocidas, hay que agregar el nitrógeno atmosférico y el hidrógeno del agua, con las cuales la química moderna ha llegado a realizar la producción del amoníaco sintético, cuyos derivados, las sales amoniacales, se emplean directamente como abonos nitrogenados, o se transforman primero en nitratos.

Ha sido esta una de las más grandes conquistas de la ciencia moderna, porque ha asegurado para siempre a la humanidad el abono básico de la agricultura, pues las materias primas empleadas en su fabricación son inagotables.

El consumo medio de abonos de diferentes clases por hectárea de terreno cultivado, en aquellos países cuya agricultura ha progresado más, es:

Kg. 10/15 para abonos nitrogenados (en N)
» 50/60 » » fosfatados (en P_2O_5)
» 2/5 » » potásicos (en K_2O)

El empleo de las sales de calcio es menos notorio, porque normalmente, salvo casos particulares, se encuentran contenidas en cantidades apreciables en los terrenos agrarios.

Como abono de cal se emplea el carbonato de cal, o sea piedra caliza en polvo, cuyo empleo es especialmente benéfico para los terrenos arcillosos.

Y aquí termino esta rápida exposición sobre el importante e interesante tema de las relaciones entre la química y la agricultura, que se demuestran cada vez más íntimas y profundas, y que deben ser siempre más conocidas en aquellos países que anhelan tener una agricultura floreciente.

Escuela de Ingeniería
Química de la Universidad.

Concepción, 10-7-1935.